

# **Elsertifikater i det norske energimarkedet**

*En teoretisk tilnærming med analyse av et felles  
svensk-norsk elsertifikatmarked*

Line Bull Enger



Masteroppgave i samfunnsøkonomi

Økonomisk institutt

UNIVERSITETET I OSLO

Januar 2011



# **Elsertifikater i det norske energimarkedet**

En teoretisk tilnærming med analyse av et felles svensk-norsk elsertifikatmarked

© Line Bull Enger

2011

Elsertifikater i det norske energimarkedet

Line Bull Enger

<http://www.duo.uio.no/>

Trykk: Reprosentralen, Universitetet i Oslo

# Sammendrag

Temaet for denne masteroppgaven er innføringen av elsertifikater i det norske energimarkedet. Elsertifikater er et indirekte virkemiddel med mål om å fremme produksjonen av fornybar energi. Prinsippet går ut på at produsenter av fornybar energi mottar elsertifikater fra myndighetene. Konsumenten er forpliktet til å kjøpe en viss andel elsertifikater ut fra energiforbruket. I tillegg til energiprisen vil produsenten motta en ren ekstraintekt, gitt ved elsertifikatprisen. Elsertifikatprisen skal dekke differansen mellom grensekostnaden og energiprisen, og dermed gjøre det lønnsomt for produsenten å øke produksjonen av fornybar energi. Målet med denne oppgaven er å utvikle en forståelse av elsertifikatordningen og drøfte betydningen av ordningen til den norske energisituasjonen.

Denne oppgaven handler om hvordan elsertifikatordningen vil påvirke effektiviteten i markedet og det samfunnsøkonomiske overskuddet. Jeg ønsker å fokusere på det norske energimarkedet og se hvorvidt elsertifikatordningens prinsipper er i samsvar med den norske energipolitikken. Masteroppgaven gir opphav til følgende problemstilling:

*Hva er effekten av elsertifikater i det norske energimarkedet?*

For å svare på dette spørsmålet har jeg satt opp en statisk modell som illustrerer den europeiske energisituasjonen. Energimarkedet er en fri konkurranse hvor prisene er eksogent gitt i markedet. I markedsløsningen forutsettes det at det kun produseres ikke-fornybar energi. I denne løsningen tas det ikke hensyn til at produksjonen av ikke-fornybar energi genererer CO<sub>2</sub>-utslipp, en negativ ekstern effekt som bidrar til global oppvarming. For å maksimere det samfunnsøkonomiske overskuddet, foreslår jeg å innføre en avgift på CO<sub>2</sub>-utslipp. Implementert i markedsløsningen, bidrar avgiften til å redusere totalt tilbud av energi og øke prisen på energi i markedet.

Når elsertifikatordningen implementeres i markedsløsningen viser modellen en tydelig økning i produksjonen av fornybar energi. En lavere energipris, og følgelig en redusert lønnsomhet reduserer tilbudet av ikke-fornybar energi. I Norge vil elsertifikatordningen gi opphav til to produsenter som begge produserer fornybar energi: eksisterende vannkraftprodusenter og elsertifikatberettigede produsenter av vindkraft, biobrenselenergi og vannkraft (med maksimal kapasitet på 1 MW). På lang sikt er tilbudet til eksisterende vannkraftprodusenter

prisuelastisk. I tillegg til en økt produksjon av elsertifikatberettiget energi, vil den eksisterende vannkraftproduksjon opprettholdes og resultere i en større økning i fornybar energiproduksjon sammenlignet med resultatet for den europeiske energisituasjonen.

En gjennomgang av eksisterende litteratur viser at effekten av elsertifikatordningen på konsumentprisen er usikker. En analyse utført av Bye (2003) viser at for tilstrekkelig lav elsertifikatkvote, vil konsumentprisen falle på lang sikt. Stemmer dette, vil kostnaden av å innføre elsertifikater falle over til eksisterende vannkraftprodusenter. Gitt at konsumentprisen reduseres, vil konsumenten få en fordel av ordningen, mens totalt produsentoverskudd reduseres kraftig. Effekten av elsertifikatordningen er ikke i samsvar med den samfunnsøkonomisk optimale løsningen. Ordningen fører til et velferdstap. En riktig satt avgift på CO<sub>2</sub>-utslipp vil kunne gi de samme miljøvirkningene, samt maksimere det samfunnsøkonomiske overskuddet. Resultatet er en reduksjon i tilbudet av ikke-fornybar energi, og gitt at økningen i energiprisen er tilstrekkelig stor, vil produksjonen av fornybar energi kunne gjøres lønnsom.

# Forord

Denne oppgaven er skrevet som en avslutning av det toårige masterprogrammet i samfunnsøkonomi ved Universitetet i Oslo. Jeg vil rette en takk til min veileder Finn Førsund for konstruktive og lærerike tilbakemeldinger.

Takk til Kathinka Thilert fra Olje- og energidepartementet for rask tilbakemelding og oppklaring på e-post. Jeg vil også takke min søster Tone Bull Enger og venn Mari Raddum Berg for korrekturlesing.

Takk til gjengen i fjerde etasje, som gjorde oppgaveskrivingen ekstra hyggelig!

Til slutt vil jeg rette en takk til familie og venner som har vært en god støtte for meg gjennom denne høsten.

Eventuelle feil og synspunkt i oppgaven er utelukkende mitt ansvar.

Oslo, 31.januar 2011

Line Bull Enger





# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Introduksjon og teori .....</b>	<b>3</b>
2.1	Litteraturgjennomgang .....	3
2.2	Norges energipolitikk .....	5
2.3	Det norske energimarkedet .....	7
2.3.1	Energimarkedet i dag .....	7
2.3.2	Forventet fremtidig energisituasjon .....	8
<b>3</b>	<b>Metode .....</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Modellering av Europas energisituasjon.....</b>	<b>11</b>
4.1	Markedsløsning .....	11
4.1.1	Produsent av fornybar energi .....	11
4.1.2	Produsent av ikke-fornybar energi .....	12
4.1.3	Husholdningssektoren .....	13
4.2	Samfunnsøkonomisk maksimeringsproblem.....	14
4.2.1	Løsning med ikke-bindende klimapolitikk: $\lambda = 0$ .....	15
4.2.2	Løsning med bindende klimapolitikk: $\lambda > 0$ .....	16
4.2.3	Samfunnsplanleggers føring på ikke-fornybar energiprodusent .....	18
4.3	Oppsummering .....	19
<b>5</b>	<b>Et elsertifikatmarked .....</b>	<b>20</b>
5.1	Elsertifikater .....	20
5.2	Norsk lov om elsertifikater .....	21
5.2.1	Rett til elsertifikater.....	21
5.2.2	Elsertifikatplikten .....	22
5.2.3	Forvaltning av elsertifikatordningen .....	24
<b>6</b>	<b>Modellering av et elsertifikatmarked .....</b>	<b>25</b>
6.1	Illustrasjon av et elsertifikatmarked .....	26
<b>7</b>	<b>Resultater .....</b>	<b>29</b>
7.1	Konsumentprisen .....	30
7.2	Samfunnets velferd .....	32
7.3	Oppsummering .....	35
<b>8</b>	<b>Drøfting .....</b>	<b>36</b>
8.1	Den norske energiproduksjonen .....	36

8.2	Et elsertifikatmarked med norsk politikk .....	37
8.2.1	Forsyningssikkerhet .....	37
8.2.2	Elsertifikater og CO <sub>2</sub> -utslipp .....	38
8.2.3	Elsertifikater og effektivitet .....	39
8.2.4	Miljø- og klimapolitikk .....	40
8.3	Hva betyr et felles elsertifikatmarked for Norge? .....	41
8.3.1	Produksjon av fornybar energi .....	41
8.3.2	Energimarkedet .....	44
8.3.3	Effektivitetskriteriene .....	45
8.4	Oppsummering .....	45
8.5	Sammenligning med tidligere forskning .....	45
<b>9</b>	<b>Konklusjon .....</b>	<b>48</b>
	<b>Litteraturliste .....</b>	<b>49</b>
	<b>Vedlegg .....</b>	<b>53</b>
	Vedlegg 1: Andel fornybar energi i brutto energiforbruk .....	53

## Figurliste:

Figur 1: Oversikt over elsertifikatordningen .....	20
Figur 2: Prisdannelse for elsertifikater .....	21
Figur 3: Innføring av elsertifikater i et energimarked .....	27
Figur 4: Utviklingen av pris når elsertifikatkvoten øker .....	31
Figur 5: De ulike prisene som funksjon av en økende elsertifikatkvote .....	32
Figur 6: Konsumentoverskudd før og etter sertifikatordningen .....	33
Figur 7: Produsentoverskuddet før og etter sertifikatordningen .....	34
Figur 8: Utviklingen av den norske og svenske elsertifikatkvoten fra 2003 til 2035 .....	42
Figur 9: Potensial og kostnad for ny biobrenselenergi i Sverige og Norge i 2020. ....	42
Figur 10: Potensial og kostnad for ny vannkraft i Sverige og Norge i 2020 .....	42
Figur 11: Potensial og kostnad for ny vindenergi i Sverige og Norge i 2020 .....	43
Figur 12: Sertifikatberettiget produksjon i Norge med et felles elsertifikatmarked (til venstre) og den respektive nye fornybare energiproduksjon i referansebanen (til høyre). ....	44
Figur 13: Energi- og elsertifikatpris (til venstre) og konsumentprisen (til høyre) for ulike nivå på elsertifikatkvoten .....	46

## Tabelliste:

Tabell 1: Direkte kostnad av elsertifikatene i øre per kWh, inkludert merverdiavgift .....	23
Tabell 2: Oppsummering av resultatene fra modellen .....	29

# 1 Innledning

23.april 2009 vedtok EU-kommisjonen formelt et mål om å øke andelen fornybar energiproduksjon i den Europeiske Union (EU) til 20 prosent innen år 2020. Det såkalte *Fornybardirektiv 2009/28/EC* forplikter alle medlemsland i EU til å bidra med å redusere CO<sub>2</sub>-utslipp med 20 %, redusere energiforbruket med 20 % og øke andelen fornybar energi til 20 % innen 2020 (Europa, 2009). *Fornybardirektivet* er vurdert EØS-relevant og det forhandles med EU-kommisjonen om en mulig innlemmelse av direktivet i EØS-avtalen (OED, 2010). Et av de viktigste formålene med direktivet er å redusere avhengigheten av importert olje og gass fra land utenfor EU og øke forsyningssikkerheten for energi innen EU. Videre skal direktivet stimulere til økt forskning og utvikling av fornybare energiteknologier og lokale arbeidsplasser (Bøeng, 2010).

Investeringer i produksjon av fornybar energi er forbundet med store kapitalkostnader og stor usikkerhet. Dette skyldes at investeringer i blant annet vannkraft sjelden er irreversibel. Vannkraft er den største fornybare energikilden internasjonalt (REN21, 2010), og er konkurransedyktig med ikke-fornybar energiproduksjon. Men potensialet for videre utbygging av vannkraftverk er begrenset, grunnet hensynet til inngrep i naturen. Vindkraft, biobrenselenergi og småkraftverk er nye fornybare energikilder som ikke er konkurransedyktige i energimarkedet. *Fornybardirektivet* ønsker å øke produksjonen fra disse energikildene. For dette er det nødvendig å innføre insentivordninger som skal stimulere produsenter til å investere i fornybar energiproduksjon. I et marked med fri konkurranse vil produsentene av nye fornybare energiteknologier motta en ekstrainntekt, som skal gjøre det lønnsomt å øke produksjonen av fornybar energi.

Norge har inngått en avtale om et felles svensk-norsk elsertifikatmarked<sup>1</sup> fra 1. januar 2012. I elsertifikatordningen gis alle produsenter av fornybar energi rett til å motta elsertifikater. Ved salget av elsertifikater til konsumenten, mottar produsenten en ekstrainntekt, som skal gjøre det lønnsomt å øke produksjonen av fornybar energi. Konsumenten er forpliktet til å kjøpe en viss prosentandel av elsertifikater i forhold til sitt energiforbruk. Tross høy popularitet blant europeiske land, er elsertifikater et relativt nytt virkemiddel. Det er fremdeles generelle

---

<sup>1</sup> Et annet begrep for elsertifikater, som ofte er benyttet i mediene er grønne sertifikater. Jeg vil konsekvent bruke elsertifikater, ettersom dette er begrepet som både Olje- og energidepartementet og Energimyndigheten bruker.

elementer i elsertifikatorordningen som ikke har en konstatert virkning på energimarkedet. Etter å ha lest meg litt opp på eksisterende litteratur om elsertifikater, bestemte jeg meg raskt for at dette var noe jeg ønsket å fordype meg i.

Min problemstilling er:

*Hva er effekten av elsertifikater i det norske energimarkedet?*

Formålet med studiet er å analysere og vurdere effekten av elsertifikater i det norske energimarkedet. Jeg vil ved hjelp av en teoretisk modell undersøke hvilke direkte effekter elsertifikatorordningen har på det norske energimarkedet. Dessuten vil jeg se nærmere på høringsnotatet fra Olje- og energidepartementet (OED) ”om lov om elsertifikater”. Mitt hovedfokus vil være hvordan elsertifikatorordningen vil påvirke det samfunnsøkonomiske overskuddet, men også evaluere hvorvidt elsertifikater er et effektivt virkemiddel. Jeg avslutter med å konkludere om elsertifikater bør innføres i Norge, eller ikke.

Kapittel 1 inneholder en kort innledning til oppgaven. Videre vil kapittel 2 starte med en presentasjon av eksisterende litteratur om elsertifikater som virkemiddel, etterfulgt av en innføring i den norske energipolitikken. Deretter vil jeg se på den norske energisituasjonen og kort om hvilke forventninger som stilles til et fremtidig energimarked. I kapittel 3 blir det gitt en presentasjon av metoden for oppgaven. Kapittel 4 gir en beskrivelse av modellen som er brukt i oppgaven. I kapittel 5 introduserer jeg elsertifikater og den politiske rammen rundt elsertifikatmarkedet. Deretter følger kapittel 6, hvor jeg implementerer et elsertifikatmarked inn i modellen. I kapittel 7 presenteres resultatene av hvordan innføringen av elsertifikater påvirker energimarkedet. Kapittel 8 gir en diskusjon av resultatene som er funnet. Her vil jeg bruke modellens resultater til å se nærmere på hvordan det norske energimarkedet og den norske energipolitikken påvirkes av elsertifikatorordningen. Deretter følger en kort analyse av et felles svensk-norsk elsertifikatmarked. Avslutningsvis vil jeg sammenligne mine resultater i forhold til andres forskning. Kapittel 9 er oppsummering og konklusjon.

## 2 Introduksjon og teori

### 2.1 Litteraturgjennomgang

Elsertifikater er et relativt nytt virkemiddel for å øke produksjonen av fornybar energi. Nederland var i 1998 det første landet til å ta i bruk elsertifikater. Elsertifikatene ble initialt innført av den nederlandske energiindustrien, som kalte disse elsertifikatene for ”Green labels”. Hver leverandør ble tildelt en elsertifikatkvote for fornybar energi, som skulle innfris innen 2020. Elsertifikatkvoten var basert på salgsvolumet (i 1995) til de spesifikke leverandørene. For hver 10,000 kWh fornybar energi levert til overføringsnettet, mottok produsenten én ”green label”. Målet var å øke produksjonen av fornybar energi fra 0,9 TWh i 1997 til 1,7 TWh i 2000 (Voogt et al, 1999). Siden Nederland innførte elsertifikatordningen, har både Danmark og Sverige innført elsertifikater, begge i 2003. Norge har underskrevet en avtale med Sverige om et felles svensk-norsk elsertifikatmarked fra 1. januar 2012. Til tross for økende popularitet for elsertifikater, spesielt i Skandinavia, er ordningens generelle funksjoner derimot meget usikre. Dette problemet er tatt i opp i flere eksisterende artikler.

Voogt et al. (1999) bruker blant annet eksempler fra den nederlandske elsertifikatordningen for å se nærmere på konseptet med elsertifikater. I artikkelen pekes det ut tre kritiske elementer: prisfastsettelsen og prisvolatilitet, dårlig likviditet og markedsrett. Opprinnelig ble ”green labels” innført med en gyldighetstid på ett år. Overføring av elsertifikater til neste periode var ikke mulig. Dette førte til store svingninger i prisen på elsertifikatene. For eksempel i en situasjon med lavt tilbud av fornybar energi er det få elsertifikater i omloop og konsumenten må betale en straffeavgift for å oppfylle elsertifikatplikten. Prisen på elsertifikatet er følgelig høyt. Mens i en situasjon med høyt tilbud av elsertifikater vil konkurransen mellom tilbyderne presse elsertifikatprisen ned. Voogt et al. (1999) foreslår å øke fleksibiliteten på tilbuds- og etterspørselssiden. Et mulig tiltak kan være å øke gyldighetstiden på elsertifikatet, samt gjøre det mulig å låne elsertifikater. Også eksterne barrierer kan hindre utviklingen av fornybar energiproduksjon. Disse barrierene kan være forårsaket av begrenset potensial for fornybar energikilde eller finansielle og institusjonelle barrierer. Det er viktig at myndighetene setter klare grenser for elsertifikatordningen og et realistisk mål for økt produksjon. Målet er at elsertifikatene skal redusere usikkerheten og risikoen forbundet med investeringer i fornybar energi ved at produsenten mottar en sikker

ekstrainntekt. Noen av problemene som oppsto under den nederlandske elsertifikatordningen kan skyldes at størrelsen på elsertifikatmarked var for lite. Et nasjonalt elsertifikatmarked vil være mer utsatt for likviditetsproblemer, prisvolatilitet og markedsrett enn større, internasjonale markeder. Söderholm (2008) gjør tydelig at et felles elsertifikatmarked vil bidra til potensielle gevinster i effektivitet i form av reduserte kostnader og økt konkurranse mellom aktørene. Men alle barrierer forsvinner ikke ved å øke størrelsen på elsertifikatmarkedet. Ordningen vil kunne skape andre utfordringer som legitimitet og utforming av politikken. Det er viktig å beholde at et felles svensk-norsk elsertifikatmarked er den første i sitt slag. Målet er å skaffe erfaringer fra et slikt samarbeid, for eventuelt senere å innføre et felles europeisk elsertifikatmarked (Söderholm, 2008).

Et mye omdiskutert element i elsertifikatordningen er konsumentprisen. I forklaringen til elsertifikatordningen heter det at konsumenten finansierer ordningen. Som følge av at konsumenten ilegges en avgift, tilsier teorien at konsumentprisen vil øke. *Men hvordan påvirkes konsumentprisen av elsertifikatkvoten?* Relevante analyser av elsertifikatordningen er blant annet utført av Amundsen og Mortensen (2001), Bye (2003), Jensen og Skytte (2002), Bye et al. (2002) og Aune et al. (2005). Resultatet av eksisterende litteratur er at effekten på konsumentprisen av en endring i elsertifikatkvoten er usikker. Jensen og Skytte (2002) finner en klar sammenheng mellom elsertifikatkvoten og energiforbruket, men effekten på total produksjon er usikker. Dette skyldes at forholdet mellom energi og elsertifikatprisen er usikker. Også Bye (2003) ser nærmere på prisene i elsertifikatmarkedet. Ved hjelp av en simulering av den norske økonomien finner Bye (2003) at effekten på konsumentprisen av én enhets endring i elsertifikatkvoten, vil avhenge av nivået på elsertifikatkvoten. Denne masteroppgaven vil bygge på analyser gjort av Bye (2003).

Norge var et av de første europeiske landene som fikk sitt energimarked liberalisert i begynnelsen av 1990-tallet. Resultatet er en fri konkurranseløsning, hvor energiprisen er gitt fra tilbud og etterspørsel etter energi. Velferdsteoriens 1. hovedteorem sier at en fri konkurranse likevekt vil under gitte (strenge) forutsetninger, gi en samfunnsøkonomisk optimal allokering. Oppstår det en form for markedssvikt eller informasjonsskjevheter i markedet, vil ikke markedsløsningen frembringe en effektiv allokering av ressursene. Forutsatt at det er mulig med kostnadsfri omfordeling, kan en hvilken som helst allokering realiseres som en markedslikevekt. En Pareto-optimal allokering er en allokering hvor det

ikke er mulig at noen får det bedre uten at noen andre får det verre. Det samfunnsøkonomiske overskuddet er maksimert. Elsertifikater er et *politisk konstruert* virkemiddel. Myndighetenes politiske instrument i elsertifikatordningen er elsertifikatprisen og elsertifikatkvoten. Dette er utgangspunktet for tilbudet og etterspørselen etter elsertifikater i markedet. Etterspørselen etter fornybar energi er bestemt av myndighetene gjennom en gitt elsertifikatkvote, mens tilbudet er gitt av antallet elsertifikater myndigheter tildeler produsenten av fornybar energi. Målet med elsertifikater er ikke å maksimere det samfunnsøkonomiske overskuddet, men å fremme produksjonen av fornybar energi fordi det er oppfattet som ”bedre”.

## 2.2 Norges energipolitikk

Det er spesielt to elementer som står sterkt i den norske energipolitikken: effektivitet og velferd. Målet i energipolitikken er å skape en høy verdiskapning, samtidig som man ønsker en god utnyttelse av de fornybare energikildene. I St.mld.29 står det: *”Økt produksjon må i større grad baseres på nye, fornybare energikilder. Omleggingene må gjøres på en måte som ikke bare er effektiv, men også akseptabel for velferden”* (OED, 1999). Nedenfor vil jeg kort beskrive fire av de viktigste målsetningene innenfor energipolitikken.

- **Forsyningssikkerhet**

Begrepet forsyningssikkerhet betyr å sikre konsumenter en stabil og sikker tilgang til energi. Dette skal sikre balanse mellom produksjon/tilbud og etterspørsel etter energi. Singh (2004) har delt forsyningssikkerhet inn i tre hovedgrupper. På kort sikt vil forsyningssikkerhet innebære hvorvidt vi har nok bufferkapasitet til å møte eventuelle flaskehalser i nettet. I Norge, hvor vannkraft utgjør størsteparten av elektrisitetsproduksjonen, vil på mellomlang sikt forsyningssikkerheten fokusere på hvorvidt vi har tilstrekkelig med lagret vann i magasinene til produksjon av energi. Energiprodusentene tar energiprisen som gitt i markedet. Beslutningen om lagring av vann er ikke gitt, men tas av produsenten på bakgrunn av forventninger om energiprisen. På lang sikt vil forsyningssikkerhet være hvorvidt vi har nok investering i produksjonen, lagring og nettverkskapasitet til å møte etterspørselen etter energi. Senere i denne oppgaven vil jeg bygge opp en modell som skal vise den optimale tilpasningen til energiprodusentene på lang sikt. Det er sistnevnte, forsyningssikkerhet på lang sikt som vil være viktig for denne oppgaven.

- **Kostnadseffektivitet**

I energipolitikken heter det at investeringer i produksjonskapasitet skal utføres til lavest mulig kostnad. Det norske energimarkedet er et marked med fullkommen konkurranse hvor energiprodusentene maksimerer profitt til en eksogent gitt energipris. Den aggregerte grensekostnadskurven til energiprodusentene er jevnt stigende. Produsentens lønnsomhet bestemmes ut fra hvor han ligger langs grensekostnaden. Med samme utgangspunkt, vil produsentene med laveste grensekostnader være de som vil få høyest profitt. Markedet vil dermed selv sørge for at prosjekter med lavest kostnad utføres først.

- **Klimapolitikk: lavere utslipp av CO<sub>2</sub>**

Produksjonen av ikke-fornybar genererer utslipp av CO<sub>2</sub>, som blant annet er en av flere årsaker til global oppvarming. Norge har et meget ambisiøst mål om å redusere utslipp med 30 prosent fra 1990 til 2020. Videre er målet at Norge skal være karbonnøytral i 2050 (MD, 2007). Norge har sammen med en rekke andre land ratifisert Kyotoavtalen, som trådte i kraft i 2005. Avtalen forplikter Norge til å øke utslippene med ikke mer enn én prosent fra 1990-nivå. Totalt skal industrilandene redusere CO<sub>2</sub>-utslipp med minst 5 prosent i perioden 2008 til 2012 (NOU 1998:11). Norge bruker utslippskutt og kjøp av kvoter som strategi for å redusere CO<sub>2</sub>-utslipp. Siden 2005 har Norge hatt et kvotesystem og i 2007 ble EUs kvotedirektiv, direktiv 2003/87/EF av 13. oktober 2003 besluttet innlemmet i EØS-avtalen (UD, 2007). *”Regjeringen mener det er viktig at de som forurensere står overfor de reelle kostnadene denne forurensningen skaper”* (MD, 2007). Derfor er energipolitikken lagt opp slik at det er forurenseren som skal betale. Utslippskvotene som gir norske produsenter rett til å slippe ut CO<sub>2</sub>, må kjøpes i markedet. De produsentene som ikke omfattes av kvotesystemet, vil være forpliktet til å betale en CO<sub>2</sub>-avgift. Denne dekker om lag 52 prosent av norske klimagassutslipp (MD, 2007).

- **Miljøpolitikk**

Fornybar energiproduksjon i Norge, enten det er vannkraft eller vindkraft, krever store inngrep i naturen. I St.meld.29 heter det: *”Regjeringen legger opp til en energipolitikk som underbygger en ambisiøs miljøpolitikk (...) Regjeringens energipolitikk bygger på at miljømålene vil bestemme produksjonsmulighetene”* (OED, 1999). I tillegg til at det offentlige eier rundt 88 prosent av den norske energiproduksjonen, kontrollerer myndighetene utbyggingen av energiproduksjonen gjennom tildeling av konsesjonsrettigheter.



Konsesjonsordningene sikrer at produksjonsanlegg bygges ut etter krav eller regler om plassering og levetid fra myndighetene. I lov 18. september 1909 nr. 4 om ”erhvervelse av vannfall, bergverk og annen fast eiendom” heter det at alle fallrettigheter til det private skal underlegges det offentlige når konsesjonstiden er utgått (OED, 2008).

## **2.3 Det norske energimarkedet**

### **2.3.1 Energimarkedet i dag**

I mange land er energiproduksjonen forbundet med utslipp av CO<sub>2</sub>. Den norske elektrisitetsproduksjonen er derimot i hovedsak basert på fornybare energikilder. I 2009 var total norsk elektrisitetsproduksjonen på 132,8 TWh, hvorav vannkraft sto for 124,9 TWh. Varmekraft og vindkraft utgjorde en produksjon på henholdsvis 3,6 TWh og 0,7 TWh. Norge er i dag noenlunde selvforsynt med energi, og hadde en nettoeksport på 9 TWh (SSB, 2010).

Frem til 1991 var det norske energimarkedet nærmest et monopol. Energimarkedet ble styrt av politikere, og energiprisen ble regulert etter det historiske kostnadsprinsippet. Utbyggingsprosjekter ble i stor grad basert på politikernes vurderinger av forventet fremtidig energiforbruk, og mindre på bakgrunn av energipriser og lønnsomhet. Dette ga utslag i store prissvingninger og tider med høy energipris for konsumenten. 1. januar 1991 trådte den nye energiloven, ”lov nr. 50 av 29. juni 1990 om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m. (energiloven)”, i kraft. *”Med energiloven skiftet energisektoren i Norge fra å være forsyningsorientert til å bli markedsorientert”* (NOU, 2004:26). Det norske energimarkedet, så vel som store deler av det europeiske, er nå en fri konkurranse hvor energiprodusentene maksimerer profitt, til en gitt energipris. Energiprisen reflekterer forholdet mellom tilbud og etterspørsel etter energi. Det norske energisystemet er en del av både det nordiske og europeiske systemet. Den nordiske kraftbørsen ble opprettet i 1996, og har siden bidratt til å dempe prisforskjellene mellom de nordiske landene. Et felles energimarked har bidratt til at energi selges til de områdene hvor prisen og dermed også etterspørselen etter energi er høyest.

En produsents beslutning om investering i energiproduksjonen gjøres på grunnlag av forventninger om prisen i markedet. Investeringer i fornybar energiproduksjon er preget av

høye kapitalkostnader, og dermed også stor usikkerhet omkring fremtidig inntekt. Gjeldende støtteordning for fornybar energiproduksjon forvaltes av Enova SF. Produsenter mottar en investeringsstøtte til nye fornybare energikilder, energisparing og miljøvennlig bruk av naturgass. Vannkraftprosjekter mottar ingen støtte. Dette begrunnes med at Enova skal arbeide for en effektiv omlegging av fornybar energiproduksjon og forbruk til andre fornybare energikilder (NOU, 2004:26).

### 2.3.2 Forventet fremtidig energisituasjon

For å kunne nå en gjennomsnittlig fornybarandel i EU på 20 prosent i 2020, er medlemslandene tildelt nasjonale mål for hvor mye de må øke sin andel fornybar energi. Alle medlemsland er pålagt å øke fornybarandelen med 5,5 prosent i 2020. Resten av økningen fordeles mellom medlemslandene, etter deres bruttonasjonalprodukt per innbygger. Det betyr at de rike landene, er de som også må bidra mest i henhold til direktivet. Det tas ikke hensyn til potensialet for økt fornybar energi (ZERO, 2009).

Tall hentet fra Eurostat viser at i 2008 hadde Norge totalt en andel fornybar energiproduksjon på 61,3 prosent (Vedlegg 1). Dette er en svært høy fornybarandel sammenlignet med andre land. I forhold til Norge som en olje- og gassnasjon, virker prosentandelen ganske høy. Dette skyldes at energi brukt til olje- og gassutvinning ikke beregnes i EUs fornybarandel. Det heter at fornybarandelen er forbruk av fornybar energi i forhold til totalt energiforbruk. For å beregne fornybarandelen brukes derimot produksjonen av fornybar energi og varme. Dette betyr at Norge kan øke fornybarandelen ved å bygge ut mer fornybar energi, også hvis energien blir eksportert utenlands.

Hvis Norge stiller med samme forpliktelser som de europeiske medlemslandene, vil vi være nødt til å øke andelen fornybar energi til ca. 76,7 prosent innen 2020<sup>2</sup>. Dette er en økning på 15,4 prosent fra dagens fornybarandel (ZERO, 2009). Potensialet i økt fornybar energiproduksjon ligger i vannkraft og vindkraft. Vannkraft er den mest kostnadseffektive fornybare energikilden. Vindkraft er en relativt ny energikilde for Norge. I 2009 ble det produsert vindkraft tilsvarende 0,7 TWh (SSB, 2010). Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) viser til *"et vindkraftpotensial på ca. 250 TWh som kan bygges ut til en kostnad*

---

<sup>2</sup> Norges bidrag til økt fornybar energi vil ikke ha betydning for EUs mål med 20 prosent fornybar energi i 2020.

*varierende mellom 27 – 40 øre/kWh*” (NVE, 2005). Gode vindforhold langs Norskekysten gjør det mer og mer attraktivt å investere i vindkraft. Forutsatt ledig kapasitet på nettet, anslår mulighetsstudien at det *”innen 2020 vil det være mulig å øke produksjonen av fornybar energi med ca. 30 TWh i forhold til i 2008, fordelt på ca. 13 TWh vannkraft og 17 TWh vindenergi”* (NVE, 2010). Fordelingen av økt produksjon mellom vindkraft og vannkraft vil avhenge av hvordan elsertifikatorordningen utformes. Jeg vil se nærmere på potensial og kostnader forbundet med vindkraft og vannkraft i kapittel 8.3.1.

### 3 Metode

Formålet med denne oppgaven er å analysere effekten av å innføre elsertifikater i det norske energimarkedet. Med hjelp av modellen ønsker jeg å fange opp de generelle markedseffektene av elsertifikatordningen. Dette skal hjelpe meg med å forstå elsertifikatordningen, samt bidra til videre drøfting av effekten på det norske energimarkedet. Følgende punkter skal drøftes i kapittel 7 og 8, og danne grunnlaget for min konklusjon:

- **Effektivitet**

Effektivitet betyr at man oppnår størst mulig verdi ved bruk av minst mulig ressurser. I miljøpolitikken stilles det krav til to kriterier ved utformingen av virkemidler. Først, *styringseffektivitet* krever at et instrument skal lede til målet med størst mulig sikkerhet. Det andre kriteriet er *kostnadseffektivitet*. Med kostnadseffektivitet menes at instrumentet skal bidra til å øke fornybarandelen mest mulig til lavest mulig kostnad. Jeg vil se hvorvidt disse kriteriene er oppfylt i en elsertifikatordning. Ved hjelp av høringsnotatet (OED, 2010) vil jeg også forsøke å si noe om hvilke konsekvenser utformingen av elsertifikatordningen har for effektiviteten i markedet.

- **Samfunnsøkonomisk overskudd**

Innledningsvis het det at elsertifikatordningen er finansiert av konsumenten. Jeg vil bruke modellen for å illustrere hvor mye av den realiserte kostnaden henholdsvis konsumenten og produsenten betaler. Summen av produsent- og konsumentoverskuddet viser det samfunnsøkonomiske overskuddet. Det er et mål på samfunnets velferd.

- **Elsertifikater, det norske energimarkedet og den norske energipolitikken**

Modellen skal illustrere det europeiske energimarkedet. Jeg velger å ta utgangspunkt i dette markedet, ettersom *Fornybardirektivet* er et resultat av en lav fornybarandel i EU. Mens den gjennomsnittlige fornybarandelen i EU er 10,4 prosent, har Norge en fornybarandel på 61,3 prosent (Vedlegg 1). Jeg vil bruke denne forskjellen i fornybarandelen for å evaluere effekten av elsertifikatordningen på henholdsvis det europeiske og norske energimarkedet (kapittel 8.1). Jeg vil også forsøke å se hvorvidt effekten av elsertifikatordningen er i samsvar med den norske energipolitikken. Avslutningsvis vil jeg se nærmere på mulighetene i et felles svensk-norsk elsertifikatmarked.

## 4 Modellering av Europas energisituasjon

Modellen skal fremstille det europeiske energimarkedet. Utgangspunktet er en økonomi som utelukkende produserer ikke-fornybar energi<sup>3</sup>. Jeg ser bort fra handel med utlandet og forutsetter en lukket økonomi. Det er to hovedtyper av aktører i energimarkedet – husholdninger og bedrifter (eller produsenter) som er eid av husholdningene. For enkelthetsskyld vil husholdningene være representert ved en representativ konsument. Det produseres kun et gode, energi, ved hjelp av innsatsfaktorene primærenergi og realkapital. Det er en statisk modell i den forstand at man kun ser på den optimale langsiktige tilpasningen til aktørene, og ignorerer dynamikken mellom de optimale tilpasningene. Aktørene befinner seg i en langsiktig stasjonær tilstand, hvor mengden innsatsfaktor foreligger som en gitt mengde.

### 4.1 Markedsløsning

Energimarkedet er en fri konkurranse, hvor beslutninger treffes til gitt pris i markedet. Det er tre aktører i markedet: én produsent av fornybar energi, én produsent av ikke-fornybar energi og én konsument, som alle representerer et stort antall like aktører. Begge produsentene tilpasser seg slik at profitten maksimeres, mens konsumenten velger sitt forbruk, til gitt inntekt og pris, slik at nytten maksimeres. Alle priser i markedet er eksogent gitt.

#### 4.1.1 Produsent av fornybar energi

Til gitt energipris ( $p$ ) og faktorpris ( $q_{K_g}$ ) vil produsenten ønske en faktorinnsats slik at profitten blir så stor som mulig. Produsenten bruker  $K_g$  enheter kapital for å produsere  $x_g = F(K_g)$  enheter av fornybar energi. Likning (1) viser produktfunksjonen til fornybar energi.

$$(1) \quad x_g = F(K_g) \quad \text{med} \quad F(0) = 0, \quad F'_{K_g}(K_g) > 0$$

Betingelsen i likning (1) sier at for å produsere fornybar energi er det nødvendig med en positiv mengde av innsatsfaktoren kapital. Videre heter det at grenseproduktiviteten til kapital er positiv. Grenseproduktiviteten forteller hvor mye produksjonen av fornybar energi øker når

---

<sup>3</sup> En forenkling av dagens europeiske energisituasjon. Vedlegg 1 viser en gjennomsnittlig fornybarandel i EU på 10,4 prosent i 2008.

kapitalinnsatsen øker med én enhet. Produsenten vil maksimere sin profitt gitt produktfunksjonen. Likning (2) viser maksimeringsproblemet formelt.

$$(2) \quad maks \pi = px_g - q_{K_g} K_g \quad \text{når} \quad x_g = F(K_g)$$

Med produktfunksjonen innsatt i profittfunksjonen, gjelder følgende maksimeringsproblem:

$$(3) \quad \pi(K_g) = pF(K_g) - q_{K_g} K_g$$

Det maksimeres med hensyn på  $K_g$ .

$$(4) \quad \frac{\partial \pi}{\partial K_g} = pF'_{K_g} - q_{K_g} = 0$$

Modellen gir to mulige løsninger på maksimeringsproblemet. Likning (4) viser tilpasningen til energiprodusenten ved en indre løsning. Betingelsen for indre løsning er at profitten til produsenten er maksimert, slik at produsenten tilpasser seg i punktet hvor den marginale verdien tilsvarer kapitalkostnaden.

$$(5) \quad pF'_{K_g} - q_{K_g} < 0$$

Utgangspunktet for modellen er en økonomi hvor det utelukkende produseres ikke-fornybar energi. På bakgrunn av dette er det rimelig å forutsette at produsenten tilpasser seg i en hjørneløsning, se likning (5). Her er den marginale verdien av fornybar energi mindre enn kapitalkostnaden. Kriteriet om maksimert profitt er ikke oppfylt og det er ikke lønnsomt for produsenten å satse på produksjon av fornybar energi.

#### 4.1.2 Produsent av ikke-fornybar energi

Produsenten står ovenfor en gitt energipris ( $p$ ) samt pris på innsatsfaktorene primærenergi ( $q_v$ ) og kapital ( $q_{K_v}$ ). For å produsere  $x_v = G(v, K_v)$  enheter ikke-fornybar energi kreves  $K_v$  enheter kapital og  $v$  enheter primærenergi. Produktfunksjonen i likning (6) viser sammenhengen mellom kombinasjoner av produksjonsfaktorer som kan produsere en gitt mengde av produktet  $x_v$ . For å produsere ikke-fornybar energi stiller produktfunksjonen krav til en positiv innsats av begge produksjonsressursene.

$$(6) \quad x_v = G(v, K_v) \quad \text{med} \quad G(0, K_v) = 0, \quad G'_v(v, K_v) > 0$$

$$G(v, 0) = 0, \quad G'_{K_v}(v, K_v) > 0$$

I likhet med kravet til fornybar energi, er også her grenseproduktiviteten positiv. Følgende maksimeringsproblem kan formuleres for produsenten av ikke-fornybar energi:

$$(7) \quad maks \quad \pi = px_v - q_v v - q_{K_v} K_v \text{ når } x_v = G(v, K_v)$$

Med produktfunksjonen innsatt i profittfunksjon, gjelder følgende maksimeringsproblem:

$$(8) \quad \pi(v, K_v) = pG(v, K_v) - q_v v - q_{K_v} K_v$$

Profittfunksjonen maksimeres med hensyn på  $v$  og  $K_v$ .

$$(9) \quad \frac{\partial \pi}{\partial v} = pG'_v(v, K_v) - q_v = 0$$

$$(10) \quad \frac{\partial \pi}{\partial K_v} = pG'_{K_v}(v, K_v) - q_{K_v} = 0$$

$$(11) \quad p = \frac{q_{K_v}}{G'_{K_v}(v, K_v)} = \frac{q_v}{G'_v(v, K_v)} = GK$$

Betingelsen for en indre løsning er at den marginale verdien av ikke-fornybar energi tilsvarer henholdsvis kostnaden til primærenergi og kapital. Dette er oppfylt i likningene (9) og (10). Likning (11) oppfyller også kravene til en indre løsning. Her heter det at produsenten tilpasser seg i punktet hvor energiprisen er lik kostnaden ved å produsere én enhet til, såkalt grensekostnad ( $GK$ ). I denne tilpasningen vil produsentens krav om maksimert profitt være oppfylt. Dersom energiprisen hadde vært mindre enn grensekostnaden, ville produsenten ikke finne det lønnsomt å produsere ikke-fornybar energi. Kravet om maksimert profitt ville ikke vært oppfylt og resultatet ville vært en hjørneløsning. Med utgangspunkt i det europeiske energimarkedet er det rimelig å anta en indre løsning for produsenten av ikke-fornybar energi. Likning (11) holder.

### 4.1.3 Husholdningssektoren

Det er forutsatt i modellen at husholdningssektoren (konsumenten) eier alt i økonomien. Det betyr at de vil motta all inntekt og alle eierrettigheter til produsentene, gitt ved profitt til produsentene. Den disponible inntekten til konsumenten er  $y = px$ , som utgjør inntekten i budsjettbetingelsen. Konsumenten maksimerer nyttefunksjonen  $u(x)$  gitt budsjettbetingelsen  $y = px$ , når alle prisene tas som eksogent gitt i markedet. Nyttefunksjonen er konkav og

voksende i etterspørsel etter energi. Konsumenten etterspør energi som et homogent gode. Når produsenten har levert energien til overføringsnett, vil det ikke lenger være mulig å skille mellom fornybar eller ikke-fornybar energi. Konsumenten maksimerer følgende problem:

$$(12) \quad \max_x u(x) - px$$

Det deriveres med hensyn på  $x$ .

$$(13) \quad u'(x) = p$$

Til en gitt energipris, vil konsumenten tilpasse seg i punktet hvor den marginale nytten ved energiforbruket er lik energiprisen konsumenten betaler per enhet energi.

## 4.2 Samfunnsøkonomisk maksimeringsproblem

Produksjonen av ikke-fornybar energi har utilsiktede virkninger på samfunnet som ikke fremkommer i den privatøkonomiske lønnsomhetsberegningen. Produksjonen av ikke-fornybar energi genererer utslipp av CO<sub>2</sub>, en negativ ekstern effekt som bidrar til global oppvarming. Forutsetningen om en fullkommen konkurranseløsning i kapittel 4.1 holder ikke. For at prisene i markedet skal reflektere den samfunnsøkonomisk optimale grensekostnaden, må den eksterne effekten korrigeres for. Jeg vil påta meg rollen som en velferdsmaksimerende, allvitende samfunnsplanlegger. Ved hjelp av en klimapolitikk, vil jeg innføre en maksimumsgrense for totalt utslipp av CO<sub>2</sub> økonomien kan ha uten å måtte ta konsekvenser for utslippene.

$$(14) \quad z = \beta v \leq \bar{z}$$

I likning (14) heter det at CO<sub>2</sub>-utslipp er et resultat av utslippsintensiteten ( $\beta$ ) multiplisert med innsatsfaktoren primærenergi. Likningen krever at utslippene er mindre eller lik maksimumsgrensen ( $\bar{z}$ ), også kalt klimamålet. Formelt kan maksimeringsproblemet settes opp som summen av konsument- og produsentoverskudd gitt betingelsen i likning (14).



$$(15) \quad \text{Maks} \int_0^x p(x)dx - q_v v - q_{K_g} K_g - q_{K_v} K_v \quad \text{når} \quad \begin{aligned} z &= \beta v \leq \bar{z} \\ x_v &= G(v, K_v) \\ x_g &= F(K_g) \end{aligned}$$

I det samfunnsøkonomiske maksimeringsproblemet er det ingen priser. I likning (15) er prisen derfor erstattet med en etterspørselsfunksjon,  $p(x)$ . Maksimeringsproblemet løses ved å sette opp en Lagrangefunksjon:

$$(16) \quad L = \int_0^{F(K_g)+G(v,K_v)} p(x)dx - q_v v - q_{K_g} K_g - q_{K_v} K_v - \lambda[\beta v - \bar{z}]$$

der  $\lambda$  er en Lagrangemultiplikator. Lagrangefunksjonen maksimeres med hensyn på  $v$ ,  $K_v$ ,  $K_g$  og  $\lambda$ .

$$(17) \quad \begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial v} &= p(x)G'_v - q_v - \lambda\beta \leq 0 & (= 0 \text{ for } v > 0) \\ \frac{\partial L}{\partial K_v} &= p(x)G'_{K_v} - q_{K_v} \leq 0 & (= 0 \text{ for } K_v > 0) \\ \frac{\partial L}{\partial K_g} &= p(x)F'_{K_g} - q_{K_g} \leq 0 & (= 0 \text{ for } K_g > 0) \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda} &= \beta v - \bar{z} \leq 0 & (= 0 \text{ for } \lambda > 0) \end{aligned}$$

#### 4.2.1 Løsning med ikke-bindende klimapolitikk: $\lambda = 0$

I Lagrangefunksjonen er  $\lambda$  multiplikatoren for klimapolitikken, også gjerne kalt skyggeprisen. Skyggeprisen måler endringen i målfunksjonen ved en marginal endring i klimamålet. Når skyggeprisen er lik null vil produksjonen av ikke-fornybar energi generere utslipp av CO<sub>2</sub> som er mindre enn den tillatte mengden utslipp gitt ved klimapolitikken. Produsenten vil ikke måtte ofre deler av produksjonen for å holde klimamålet. Ingen bindende klimapolitikk er det samme som å si at likning (17) er mindre enn null. Så lenge det ikke er spesifisert noe annet, vil klimapolitikken ikke være bindende. Betingelsene for indre løsning er:

$$(18) \quad p(x)G'_v - q_v = 0$$

$$(19) \quad p(x)G'_{K_v} - q_{K_v} = 0$$

$$(20) \quad p(x) = \frac{q_v}{G'_v} = \frac{q_{K_v}}{G'_{K_v}} = GK$$

I likningene (18) og (19) heter det at den marginale verdien av ikke-fornybar energi tilsvarer henholdsvis kostnaden til innsatsfaktorene primærenergi og kapital. Den samfunnsøkonomisk optimale løsningen sier at den ikke-fornybare energiprodusenten skal tilpasse seg i det punktet hvor energiprisen er lik kostnaden ved å produsere én enhet til, grensekostnaden ( $GK$ ). Kriteriet om maksimert profitt er oppfylt. Likning (20) er identisk med den optimale tilpasningen under frikonkurranse. Produsenten av ikke-fornybar energi vil tilpasse seg den indre løsningen, mens produsenten av fornybar energi vil tilpasse seg hjørneløsningen. Som i markedsløsningen, vil det kun produseres ikke-fornybar energi.

Det er tvilsomt at løsningen med ikke-bindende klimapolitikk holder i dagens klimadebatt. Det er rimelig å forutsette at produksjonen av ikke-fornybar energi genererer utslipp av  $\text{CO}_2$  som er større enn maksimumsgrensen til klimapolitikken. Nedenfor er løsningen med en bindende klimapolitikk:

#### 4.2.2 Løsning med bindende klimapolitikk: $\lambda > 0$

Når utslippsskranken holder, vil løsningen gi en positiv skyggepris,  $\lambda > 0$ . Bindende klimapolitikk betyr at mengden  $\text{CO}_2$ -utslipp fra produksjonen av ikke-fornybar energi er tilsvarende summen av utslipp som klimapolitikken tillater. Klimapolitikken tvinger produsentene til å holde  $\text{CO}_2$ -utslippene slik at  $z = \bar{z}$ . Skyggeprisen viser hva produsenten må ofre for å holde dette klimamålet.

- **Optimal tilpasning for ikke-fornybar energiprodusent**

Betingelsene for indre løsning er gitt i likningene (21) og (22):

$$(21) \quad p(x)G'_v - q_v - \lambda\beta = 0$$

$$(22) \quad p(x)G'_{K_v} - q_{K_v} = 0$$

Produsenten vil tilpasse seg der hvor den marginale verdien tilsvarer henholdsvis innsatskostnaden pluss miljøkostnaden og kapitalkostnaden. Til sammenligning med markedsløsningen (og løsningen med ikke-bindende klimapolitikk) har produsenten en ekstra kostnad,  $\lambda\beta$ . Den såkalte miljøkostnaden er den kostnaden produsenten må ta på seg for å redusere sitt utslipp av  $\text{CO}_2$ , slik at  $z = \bar{z}$  holder.

Tilbudskurven til ikke-fornybar energi er en aggregert kurve, sammensatt av flere produsenters grensekostnad. Kurven er stigende, hvor produsentene rangeres etter nivå på grensekostnaden. Alle produsentene ligger langs tilbudskurven, men det er nivået som vil avgjøre om produsenten kan produsere ikke-fornybar energi lønnsomt eller ikke. Produsenter som befinner seg under og opp til likevektspunktet vil finne det lønnsomt å produsere energi. Mens produsentene som ligger over likevektspunktet vil ikke få oppfylt kriteriet om maksimert profitt. Det er likevektspunktet, hvor tilbudet er lik etterspørsel, at kriteriet om maksimert profitt først er oppfylt. Innføringen av en klimapolitikk vil øke grensekostnaden til produsenten av ikke-fornybar energi. Det er forventet at noen produsenter ikke vil finne det lønnsomt å produsere ikke-fornybar energi når klimapolitikken er bindende. For disse produsentene vil betingelsen for hjørneløsning gjelde:

$$(23) \quad p(x)G'_v - q_v - \lambda\beta < 0$$

$$(24) \quad p(x)G'_{K_v} - q_{K_v} < 0$$

Likningene (23) og (24) viser betingelsen for hjørneløsning. Den marginale verdien av ikke-fornybar energi er lavere enn henholdsvis innsatskostnaden pluss miljøkostnaden og kapitalkostnaden. Kravet til maksimert profitt holder ikke, og produsenten finner det ikke lønnsomt å produsere ikke-fornybar energi. Innføringen av en klimapolitikk reduserer totalt tilbud av ikke-fornybar energi, som vil redusere samlet CO<sub>2</sub>-utslipp.

- **Optimal tilpasning til fornybar energiprodusent**

Produsenten av fornybar energi er direkte upåvirket av klimapolitikken. Men modellen viste ovenfor en reduksjon i totalt tilbud av ikke-fornybar energi. Gitt samme etterspørsel, vil energiprisen presses oppover. For tilstrekkelig stor økning i energiprisen, kan produsenten finne det lønnsomt å produsere fornybar energi. Betingelsen for indre løsning:

$$(25) \quad p(x)F'_{K_g} - q_{K_g} = 0$$

Likning (25) viser tilpasningen til produsenten av fornybar energi ved en indre løsning. Den marginale verdien av fornybar energi er lik kapitalkostnaden: kravet om maksimert profitt er oppfylt. Men det er fremdeles produsenter som ikke finner det lønnsomt å produsere fornybar energi, hvor tilpasningen vil være en hjørneløsning, se likning (26):

$$(26) \quad p(x)F'_{K_g} - q_{K_g} < 0$$

Resultatet av klimapolitikken er en reduksjon i tilbudet av ikke-fornybar energi, som følge av miljøkostnaden. Gitt at økningen i energiprisen er tilstrekkelig stor, vil tilbudet av fornybar energi øke. Men økningen i fornybar energi er mindre enn reduksjonen i ikke-fornybar energi.

### 4.2.3 Samfunnsplanleggers føring på ikke-fornybar energiprodusent

I kapittel 4.2 het det: slik bør økonomien innrettes for at den negative eksterne effekten internaliseres. Jeg vil nå implementere løsningen inn i markedsløsningen (kapittel 4.1).

$$(27) \quad z = \beta v$$

I likhet med likning (14) vil CO<sub>2</sub>-utslipp være en funksjon av utslippsintensiteten ( $\beta$ ) multiplisert med ikke-fornybar primærenergi ( $v$ ). Samlet CO<sub>2</sub>-utslipp er fastsatt av myndighetene. For hver enhet CO<sub>2</sub>-utslipp utover maksimumsgrensen, er produsenten forpliktet til å kjøpe utslippskvoter til en pris  $\delta$ . Produsenten vil maksimere følgende problem:

$$(28) \quad maks \pi = px_v - q_v v - q_{K_v} K_v - \delta \beta v \quad \text{når } x_v = G(v, K_v)$$

Følgende maksimeringsproblem løses med hensyn på  $v$  og  $K_v$ .

$$(29) \quad \pi(v, K_v) = pG(v, K_v) - q_v v - q_{K_v} K_v - \delta \beta v$$

Med tilhørende førsteordensbetingelser:

$$(30) \quad \frac{\partial \pi}{\partial v} = pG'_v - q_v - \delta \beta = 0$$

$$(31) \quad \frac{\partial \pi}{\partial K_v} = pG'_{K_v} - q_{K_v} = 0$$

Likningene (30) og (31) viser tilpasningen til produsenten under betingelsen om indre løsning. Produsenten vil tilpasse seg i punktet hvor den marginale verdien av ikke-fornybar energi er lik henholdsvis innsatskostnaden pluss miljøkostnaden og kapitalkostnaden. Settes kvoteprisen lik skyggeprisen på klimapolitikken, dvs.  $\delta = \lambda$ , vil den korrigerte

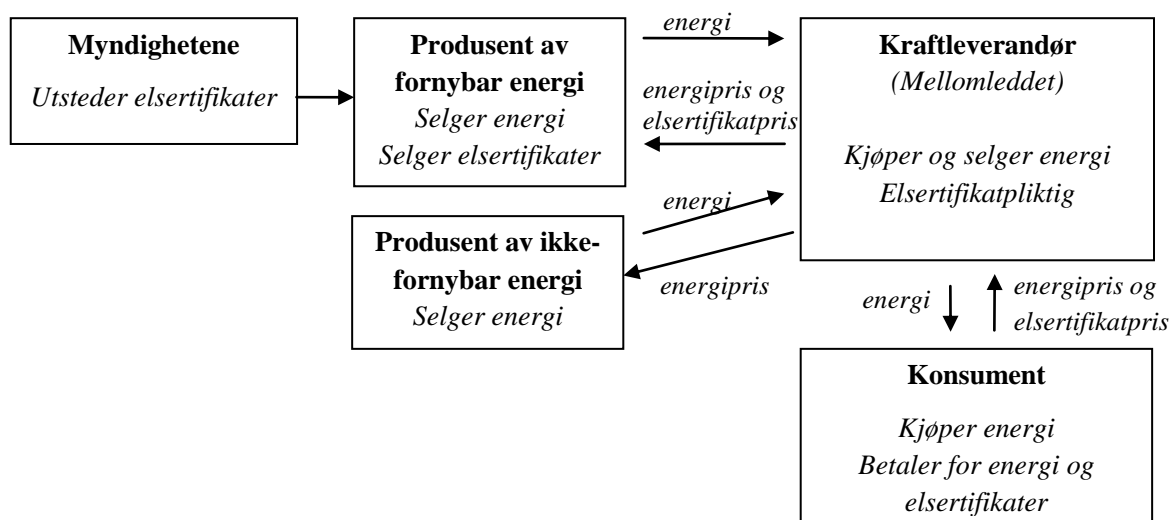
markedsløsningen være sammenfallende med den samfunnsøkonomisk optimale løsningen. Det betyr at den negative eksterne effekten er internalisert.

## **4.3 Oppsummering**

Markedsløsningen viste en produksjon av ikke-fornybar større enn det som var samfunnsøkonomisk optimalt. Produksjonen genererer utslipp av CO<sub>2</sub>, som påfører samfunnet og miljøet en ekstra kostnad. For å korrigere for den negative eksterne effekten, ble det innført en maksimumsgrense for CO<sub>2</sub>-utslipp. Implementert tilbake i markedsløsningen, vil produksjonen av energi være samfunnsøkonomisk optimal, gitt at skyggeprisen settes lik kvoteprisen. Resultatet er en reduksjon i tilbudet av ikke-fornybar energi, samt en økning i tilbudet av fornybar energi. Totalt, vil tilbudet/ produksjonen av energi reduseres.

## 5 Et elsertifikatmarked

Figur 1 er ment å gi en oversikt over energimarkedet etter at elsertifikatordningen er innført. I kapittel 5.1 vil jeg forklare nærmere hvordan de ulike aktørene opptrer i et elsertifikatmarked.



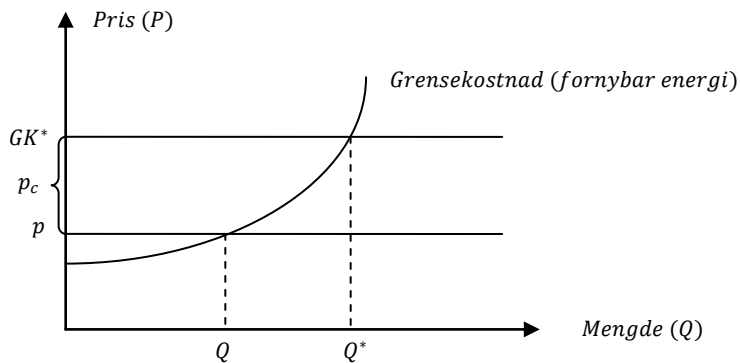
Figur 1: Oversikt over elsertifikatordningen

### 5.1 Elsertifikater

Det overordnede målet med elsertifikater er å øke produksjonen av fornybar energi. Elsertifikater er et indirekte virkemiddel fordi det settes ingen bestemt grense, men heller gis insentiv til produsenten til å øke sin produksjon av fornybar energi. Det er produsenten selv som bestemmer hvordan investeringen i fornybar energi skal skje. Produsenten vil danne forventninger om energiprisen og elsertifikatprisen, elementer som vil avgjøre deres beslutning om investering i fornybar energiproduksjon.

Alle produsenter av fornybar energi har rett til å motta elsertifikater fra myndighetene. Produsentene kan selge elsertifikatene videre til kraftleverandører. Kraftleverandøren er mellomleddet mellom produsent og konsument. Produsenten leverer energi til et felles overføringsnett og leverandøren selger energien videre til konsumenten. Leverandøren pålegges å skaffe et antall elsertifikater ut fra hvor mye energi de selger, mens det er konsumenten som til sist vil dekke utgiftene forbundet med kjøp av elsertifikater. Prisen på elsertifikatene blir fastsatt gjennom tilbud og etterspørsel etter elsertifikater. Ved salg av elsertifikater til leverandøren mottar produsenten i tillegg til inntekt fra salget av energi også

inntekt fra salget av elsertifikater. Ekstrainntekten fra salget av elsertifikater er ment til å stimulere produsenter til å investere i fornybar energi: gjøre produksjonen av fornybar energi lønnsom. Ordningen med elsertifikater er direkte finansiert av konsumenten, og det gis ingen midler fra offentlige myndigheter. Figur 2 illustrerer prisdannelsen for elsertifikater.



**Figur 2: Prisdannelse for elsertifikater**

Den horisontale akse måler mengden fornybar energi produsert ( $Q$ ), mens den vertikale akse måler pris og grensekostnad. Det forutsettes fri konkurranse, hvor energiprisen følger av tilbuds- og etterspørselskurven. Til en gitt energipris,  $p$ , vil det produseres  $Q$  enheter fornybar energi. Likevekt før elsertifikatordningen er gitt ved  $(p, Q)$ . I elsertifikatordningen vil målet fornybar energiproduksjon settes til  $Q^*$ , med en grensekostnad tilsvarende  $GK^*$ . Gitt en energipris,  $p$ , vil prisen på elsertifikatet tilsvare  $p_c = GK^* - p$ . Elsertifikatprisen er en ren ekstrainntekt for den fornybare energiprodusenten og skal gi insentiv til å øke sin produksjonskapasitet til  $Q^*$  uten at lønnsomheten reduseres.

## 5.2 Norsk lov om elsertifikater

8. desember 2010 publiserte OED på sine hjemmesider et høringsnotat, "om lov om elsertifikater" (OED, 2010). Med utgangspunkt i høringsnotatet vil jeg se nærmere på de ulike elementene ved en elsertifikatordning.

### 5.2.1 Rett til elsertifikater

Elsertifikater utstedes for produksjonen av fornybar energi basert på fornybare energikilder. Alle fornybare energikilder som inngår under *Fornybardirektivets* definisjon av fornybare

energikilder; vannkraft, vindkraft, solenergi, havenergi, geotermisk energi og bioenergi, innehar en rett til elsertifikater (OED, 2010).

Det stilles følgende krav til produksjonsanlegget: *”Produksjonsanlegget må a) ha hatt byggestart etter 7. september 2009, b) være et vannkraftverk med installert effekt inntil 1 MW som hadde byggestart etter 1. januar 2004, eller c) varig øke sin energiproduksjon med byggestart etter 7. september 2009”* (OED, 2010). Alle elsertifikatberettigede anlegg vil få utdelt samme støtte uavhengig av støttebehovet. Myndighetene vil utstede ett elsertifikat per MWh fornybar energi produsert samtidig med leveringen av fornybar energi til overføringsnett. Den elsertifikatberettigede produsenten har rett til å motta elsertifikater i en periode på opptil 15 år. Det er opp til produsenten selv når han vil selge disse elsertifikatene videre til sin leverandør. Siste tildeling av elsertifikater skjer den 31. desember 2035, og siste mulighet for annullering av elsertifikater er den 1. april 2036. Innenfor elsertifikatordningens tidsramme, har elsertifikatene en ubegrenset levetid. Dette er for å hindre at produsenter kan bruke elsertifikater som et finansielt instrument for å påvirke tilbudet av elsertifikater, og dermed prisen på elsertifikatet.

### 5.2.2 Elsertifikatplikten

Den som leverer energi til sluttbruker eller konsument innehar en elsertifikatplikt. Det er normalt at elsertifikatplikten håndteres av leverandøren, som vil overføre utgiften forbundet med kjøp av elsertifikater til konsumenten. Elsertifikatplikten, eller det antallet elsertifikater som leverandøren må kjøpe, tilsvarer leverandørens kjøpte mengde energi i det enkelte år multiplisert med elsertifikatkvoten<sup>4</sup> fastsatt for samme år. For de konsumentene som kjøper energi for energiintensiv industri, eller konsumenter som har produsert, importert eller kjøpt energi på direkte gjennom Nord Pool, må selv sørge for å overholde elsertifikatplikten (NVE, 2004). 1. mars hvert år vil den elsertifikatpliktige rapportere all energi som inngår i elsertifikatordningen. Første dagen i april vil oppfyllelsen av elsertifikatplikten skje ved at den registeransvarlige annullerer<sup>5</sup> antallet elsertifikater som den elsertifikatpliktige har angitt. Hvis elsertifikatplikten ikke er oppfylt, vil den manglende elsertifikatplikten beregnes og ilegges en avgift. I Sverige har man benyttet seg av en straffeavgift som er 150 prosent av den

---

<sup>4</sup> Se tabell 1.

<sup>5</sup> Begrepet annullering viser til at elsertifikatene tas ut av markedet. De er brukt opp. Produsenten har mottatt sin inntekt fra salget av elsertifikater og konsumenten har oppfylt sin elsertifikatplikt.



gjennomsnittlige elsertifikatprisen i det enkelte år (Energimyndigheten, 2009). Målet med straffeavgiften er å gi de kvotepliktige et insentiv til å opprettholde sin plikt, i stedet for å betale en avgift i siste liten. Prosentsatsen er valgt for å hindre at straffeavgiften blir oppfattet som en maksimumspris.

Ambisjonsnivået i elsertifikatordningen angir hvor stor produksjonsøkning (i TWh) som skal finansieres ved kjøp og salg av elsertifikater. Ambisjonsnivået for økt produksjon av fornybar energi er satt til 26,4 TWh i 2020 i et felles elsertifikatmarked. Elsertifikatkvoten skal settes slik at hvert land finansierer 13,2 TWh ny produksjon i 2020. Hvor stor økningen i fornybar energiproduksjon blir i hvert land vil avhenge av produksjonskostnader, konsesjonskrav og hvor mange produksjonstyper ordningen omfatter (OED, 2010). Den norske elsertifikatkvoten fastsettes av den norske regjeringen i lov som vedtas av Stortinget. Utarbeidelsen av kvoten er gjort i dialog mellom OED og NVE. Kvoten er beregnet på bakgrunn av informasjon om kostnadsforhold, utbyggingspotensial og hvor raskt en utbygging kan skje (NVE, 2004). Tabell 1 er hentet fra høringsnotatets lovforslag § 17 (OED, 2010) og viser utviklingen i den norske elsertifikatkvoten fra 2012 til 2035. For 2012 er elsertifikatkvoten satt til 0,03 og stiger jevnt frem til 2020, for deretter å synke igjen.

**Tabell 1: Direkte kostnad av elsertifikatene i øre per kWh, inkludert merverdiavgift**

År	Elsertifikatkvote	Elsertifikatpris (øre/kWh)	Kostnad (øre/kWh)
2012	0,030	25	0,93
2013	0,049	25	1,55
2014	0,069	25	2,15
2015	0,088	25	2,76
2016	0,108	25	3,36
2017	0,127	25	3,96
2018	0,146	25	4,55
2019	0,165	25	5,14
2020	0,183	25	5,72
2021	0,182	25	5,69
2022	0,181	25	5,66
2023	0,180	25	5,63
2024	0,179	25	5,59
2025	0,176	25	5,51
2026	0,173	25	5,41
2027	0,170	25	5,31
2028	0,151	25	4,71
2029	0,131	25	4,11
2030	0,112	25	3,51
2031	0,093	25	2,92
2032	0,074	25	2,33

2033	0,056	25	1,74
2034	0,037	25	1,16
2035	0,018	25	0,58

Kilde: OED, 2010

En gjennomsnittlig husholdning har et årlig energiforbruk på 20.000 kWh (= 20 MWh) per år. Med en elsertifikatkvote tilsvarende 0,030 er leverandøren nødt til å anskaffe  $0,030 \cdot 20 = 0,60$  elsertifikater per husholdning. I tillegg til energiprisen, dekker konsumenten utgiftene ved en elsertifikatordning, elsertifikatprisen multiplisert med kvoten. Den siste kolonnen i tabell 1 viser utgiften ved kjøp av elsertifikater (i øre/kWh per kalenderår). En gjennomsnittlig husholdning vil måtte totalt betale  $0,93 \cdot 20.000 / 100 = 186$  kroner ekstra i strømregning for 2012.

### 5.2.3 Forvaltning av elsertifikatordningen

Oppgavene ved forvaltningen av elsertifikatordningen er fordelt mellom OED, Statnett SF og NVE. OED vil være ansvarlig for å gi forskrifter for gjennomføring og utfylling av loven. Statnett SF skal være den registeransvarlige. De vil ha ansvaret for elsertifikatregisteret, offentliggjøring av prisinformasjon og kontroll av elsertifikatplikten. Det vil ved innføringen av elsertifikater opprettes et elektronisk elsertifikatregister. Statnett vil opprette konti i elsertifikatregisteret for anlegg godkjent som elsertifikatberettigede og de elsertifikatpliktige. På denne måten vil det enkelt kunne gjøres kontroller på om leverandører eller konsumenter oppfyller elsertifikatplikten. *"Registeransvarlig skal fortløpende offentliggjøre informasjon om overdragelse av elsertifikater, tidspunktet for overdragelsen, antall overdratte elsertifikater, vederlagets størrelse og gjennomsnittlige elsertifikatpris"* (OED, 2010). NVE vil få delegert oppgaver etter loven: gi forskrifter for gjennomføring og utfylle loven. De vil også godkjenne anlegg for produksjon av fornybar energi, motta informasjon fra den elsertifikatpliktige, ha oversikt over de elsertifikatpliktige, føre tilsyn og kontroll med loven.

## 6 Modellering av et elsertifikatmarked

Jeg vil bruke modellen fra kapittel 4 til å se nærmere på effekten av en elsertifikatordning. Med utgangspunkt i markedsløsningen fra kapittel 4.1, skal jeg innføre nå innføre en elsertifikatordning. Med hjelp fra modellen vil jeg vise hvordan tilpasningen til produsenten av fornybar energi og konsumenten endres som følge av innføringen av elsertifikater. Jeg vil deretter, i kapittel 6.1, illustrere den totale effekten av elsertifikatordningen på energimarkedet.

Modellen forutsetter teknologinøytralitet, dvs. at alle produsenter av fornybar energi har en rett til å motta elsertifikater fra myndighetene. Det innføres en elsertifikatpris,  $p_c$ , som i likhet med de andre prisene i markedet også er eksogent gitt.

- **Optimal tilpasning til produsenten av fornybar energi**

Likning (33) viser maksimeringsproblemet til produsenten av fornybar energi:

$$(33) \quad maks \quad \pi = (p + p_c)x_g - q_{K_g}K_g \quad \text{når} \quad x_g = F(K_g)$$

Profittfunksjonen med innsatt produktfunksjon:

$$(34) \quad \pi(K_g) = (p + p_c)F(K_g) - q_{K_g}K_g$$

Det maksimeres med hensyn på  $K_g$ .

$$(35) \quad \frac{\partial \pi}{\partial K_g} = (p + p_c)F'_{K_g} - q_{K_g} = 0$$

Betingelsen for indre løsning:

$$(36) \quad (p + p_c)F'_{K_g} - q_{K_g} = 0$$

I likning (36) heter det at produsenten vil tilpasse seg i punktet hvor den marginale verdien av fornybar energi er lik kapitalkostnaden. Det forutsettes at elsertifikatpris,  $p_c$ , er tilstrekkelig stor til at produksjonen av fornybar energi er lønnsom, dvs. betingelsen om maksimert profitt er oppfylt. Likning (36) holder.

- **Konsumentens tilpasning**

For enkelthetsskyld er elsertifikatplikten lagt direkte på konsumenten, og ikke gjennom leverandøren. Konsumenten er forpliktet til å kjøpe en andel ( $a$ ) av totalt energiforbruk fra produsenten av fornybar energi. For denne andelen, ilegges konsumenten en avgift i form av elsertifikatprisen,  $p_c$ . Konsumentens disponible inntekt er nå  $(p + ap_c)x$ . Følgende maksimeringsproblem kan settes opp for konsumenten:

$$(37) \quad \max_x u(x) - (p + ap_c)x$$

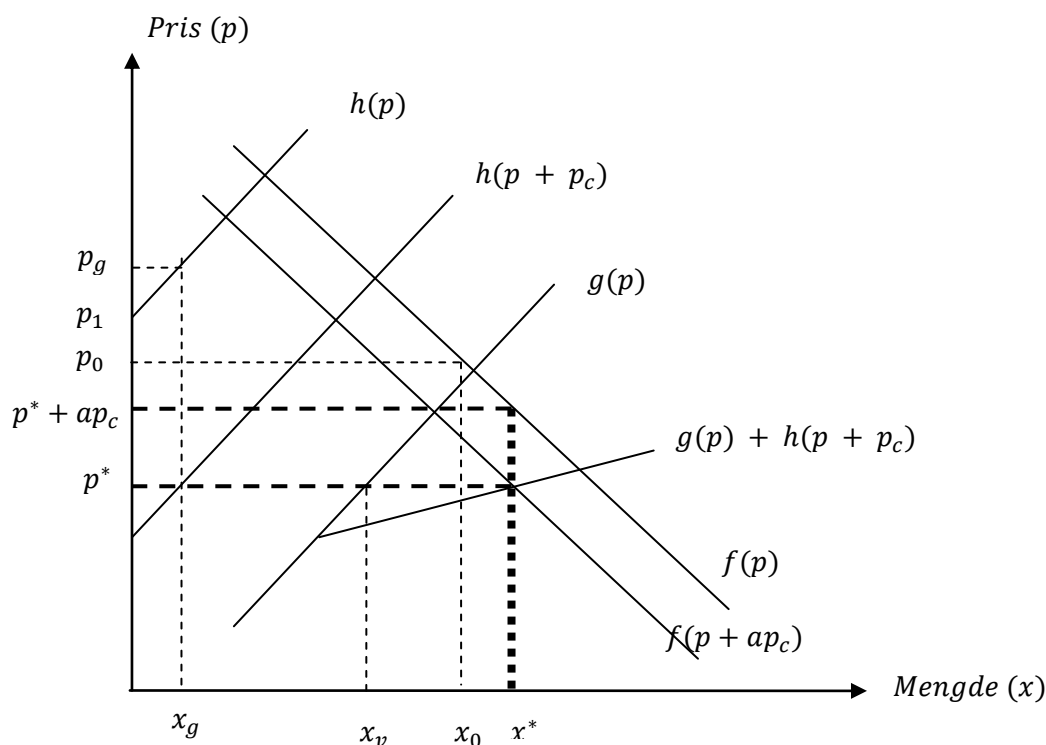
Det maksimeres med hensyn på  $x$ :

$$(38) \quad u'(x) = p + ap_c$$

Til gitte priser i markedet, vil konsumentens nytte være maksimert når den marginale nytten ved energiforbruket er lik kostnaden ved energiforbruket.

## 6.1 Illustrasjon av et elsertifikatmarked

Figur 3 illustrer effekten av å innføre elsertifikater i et energimarked. Den horisontale akse måler mengden energi produsert ( $x$ ), mens den vertikale akse måler prisen ( $p$ ) i markedet. Det forutsettes som i modellen fri konkurranse. Fornybar energi kan produseres lønnsomt til en pris lik  $p_1$ . Ikke-fornybar energi kan derimot produseres lønnsomt til en pris lik  $p_0$ . Den laveste prisen vil være den prissettende i energimarkedet og fører til at ikke-fornybar energi er enerådende i energimarkedet ( $p_0 < p_1$ ). Den initiale likevekten er gitt ved krysningpunktet mellom etterspørselskurven  $f(p)$  og tilbudskurven  $g(p)$ , dvs. punktet  $(p_0, x_0)$ .



**Figur 3: Innføring av elsertifikater i et energimarked**

**Kilde:** Bye (2003)

Det kan nå tenkes at myndighetene usteder elsertifikater til alle produsentene av fornybar energi. Gjennom tilbud og etterspørsel etter elsertifikater dannes elsertifikatprisen,  $p_c$ . Elsertifikatprisen er en ren ekstrainntekt til produsenten av fornybar energi og stimulerer til økt produksjon av fornybar energi. Tilbudskurven til fornybar energi skifter nedover, fra  $h(p)$  til  $h(p + p_c)$ . Prisen på elsertifikatet er gitt ved den vertikale differansen mellom tilbudskurvene. Totalt tilbud er nå gitt ved  $g(p) + h(p + p_c)$ . Konsumenten finansierer elsertifikatordningen og pålegges derfor en avgift,  $ap_c$ . Konsumenten svarer med å redusere sin etterspørsel. Etterspørselkurven skifter innover, fra  $f(p)$  til  $f(p + ap_c)$ . Likningene (39) og (40) viser henholdsvis likevekten i energimarkedet og elsertifikatmarkedet.

$$(39) \quad g(p) + h(p + p_c) = f(p + ap_c)$$

$$(40) \quad h(p + p_c) = af(p + ap_c)$$

Likningene (39) og (40) brukes til å finne prisen og mengden produsert energi i markedet. Elsertifikatkvoten,  $a$  er bestemt av myndighetene og kjent. Med gitt elsertifikatpris, vil kryssningen mellom tilbudet og etterspørselen gi energiprisen  $p^*$ . Som følge av en økning i

tilbudet av fornybar energi og en reduksjon i etterspørselen, er energiprisen presset ned. Til en energipris  $p^*$ , vil det produseres  $x_v$  enheter av ikke-fornybar energi. Produsenten av fornybar energi mottar en grenseinntekt tilsvarende  $p_g = p^* + p_c$ , som gir  $x_g$  enheter fornybar energi. Totalt tilbud av energi har økt, fra  $x_0$  til  $x^*$ .  $(p^*, x^*)$  er den nye likevekten under elsertifikatordningen.

Prisen konsumenten betaler for energi er ved elsertifikatordningen summen av energiprisen og en avgift. Avgiften,  $ap_c$  er den vertikale differansen mellom etterspørselskurvene  $f(p)$  og  $f(p + ap_c)$ . Med kjente verdier av energipris, elsertifikatpris og elsertifikatkvote vil man kunne finne konsumentprisen. Likning (41) viser konsumentprisen.

$$(41) \quad p_x = p^* + ap_c$$

Figuren illustrerer en reduksjon i konsumentprisen som følge av elsertifikatordningen. Effekten av energipris og elsertifikatpris på konsumentprisen er kjent. Men hvordan konsumentprisen påvirkes av én enhets endring i elsertifikatkvoten er ikke kjent i modellens rammer. Sammenhengen i likning (42) er hentet fra Bye (2003). Jeg vil se nærmere på denne i kapittel 7.1.

$$(42) \quad \frac{\partial p_x}{\partial a} = \frac{\partial p^*}{\partial a} + a \frac{\partial p_c}{\partial a} + p_c$$

## 7 Resultater

Modellens tre scenarioer er gjennomgått. Jeg ønsker å bruke dette kapitlet til å fremheve noen av de viktigste resultatene fra modellen. Dette vil være utgangspunktet i min videre drøfting av elsertifikater som effektivt virkemiddel.

**Tabell 2: Oppsummering av resultatene fra modellen**

	Priseffektene				Markedseffektene		
	Energipris $p$	Prod.pris ( $x_v$ )	Prod.pris ( $x_g$ )	Kons. pris	Etterspørsel	Tilbud ( $x_v$ )	Tilbud ( $x_g$ )
<b>Kvotemarked</b>	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↑*
<b>Elsertifikatmarked</b>	↓	↓	↓	↓**	↓	↓	↑

\*Tilbudet av fornybar energi øker hvis prisøkningen er stor nok

\*\*Konsumentprisen reduseres i modellen i kapittel 6. Jeg vil undersøke konsumentprisen nærmere i kapittel 7.1

Tabell 2 oppsummerer modellens viktigste resultater ved klimapolitikk og elsertifikatorordning. Ved hjelp av klimapolitikken innførte jeg en maksimumsgrense for utslipp av CO<sub>2</sub> fra ikke-fornybar energiproduksjon. Produsenten fikk økte kostnader i produksjonen (reduert lønnsomhet), og totalt tilbud av ikke-fornybar energi ble redusert. Følgelig økte energiprisen. Klimapolitikken internaliserte den negative eksterne effekten forbundet med produksjon av ikke-fornybar energi. Gitt at økningen i energiprisen er tilstrekkelig stor, vil fornybar energi kunne produseres lønnsomt.

Elsertifikatorordningen ga produsenten av fornybar energi insentiv til å øke sin produksjon, ved at myndighetene usteder elsertifikater. Modellen viste en økning i tilbudet av fornybar energi. En lavere energipris reduserte lønnsomheten til produsenten av ikke-fornybar energi, som svarte med å redusere sitt tilbud av energi. Økningen i produksjonen av fornybar energi var større enn reduksjon i ikke-fornybar energi, og totalt økte produksjonen av energi.

Både klimapolitikken og elsertifikatorordningen øker tilbudet av fornybar energi og reduserer tilbudet av ikke-fornybar energi. Men fremgangsmåten er annerledes. Mens elsertifikatorordningen gir produsenten av fornybar energi mulighet for en ekstrainntekt, vil klimapolitikken øke kostnaden til produsenten av ikke-fornybar energi. Konsekvensen av ulik motivasjon for valg av virkemiddel gir forskjellig effekt på pris. Mens kvotemarkedet presser prisene i markedet opp, vil elsertifikatorordningen redusere prisene. I hvilken retning konsumentprisen beveger seg ved en elsertifikatorordning er fremdeles noe usikkert. Jeg vil se nærmere på denne effekten i neste kapittel.

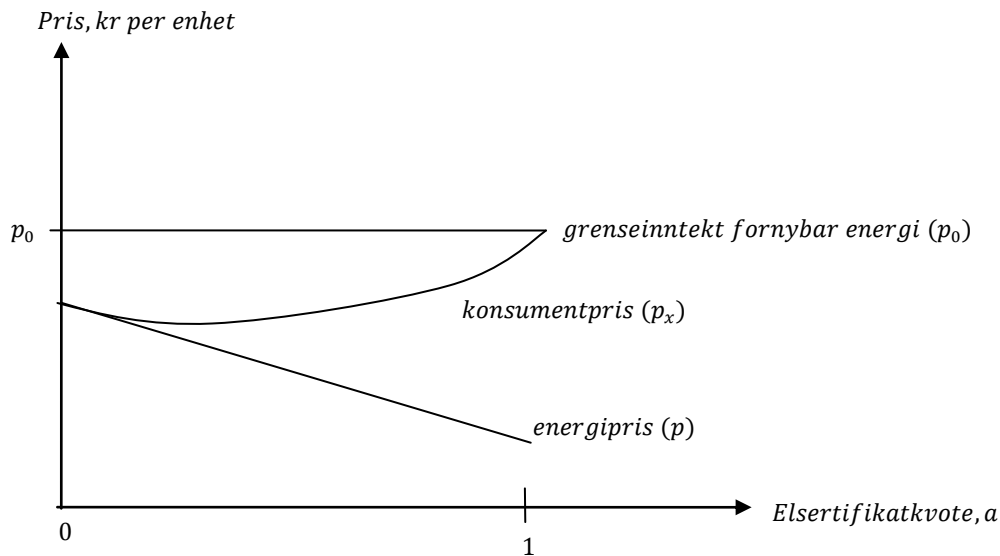
## 7.1 Konsumentprisen

Elsertifikatordningen ga konsumenten en pris for energi tilsvarende:  $p_x = p^* + ap_c$ . I tillegg til energiprisen, er konsumenten ilagt en avgift tilsvarende elsertifikatkvoten multiplisert med elsertifikatprisen. Figur 3 viste at konsumenten betalte mindre for energi etter innføringen av elsertifikater. *Vil dette alltid være tilfellet?* Jeg vil se nærmere på hvordan en endring i elsertifikatkvoten vil gi utslag i konsumentprisen. Likning (42') viser den deriverte av konsumentprisen med hensyn på elsertifikatkvoten. Det følger av likningen at endringen i konsumentprisen som følge av én enhets endring i elsertifikatkvoten er summen av endringen i energiprisen ( $p^*$ ) og elsertifikatprisen ( $p_c$ ) som følge av én enhets endring i elsertifikatkvoten.

$$(42') \quad \frac{\partial p_x}{\partial a} = \frac{\partial p^*}{\partial a} + a \frac{\partial p_c}{\partial a} + p_c$$

Et elsertifikatmarked er et politisk konstruert marked hvor etterspørselen etter elsertifikater er gitt ut fra elsertifikatkvoten. Første ledd i likning (42') ser på hvordan energiprisen påvirkes av en endring i elsertifikatkvoten. En økning i elsertifikatkvoten betyr at konsumenten må kjøpe flere elsertifikater for samme energiforbruk. Økningen i mengden elsertifikatberettiget energi vil føre til at etterspørselen etter ikke-fornybar energi reduseres. Siden det er stigende grensekostnader i produksjonen av energi, vil en redusert mengde energi redusere prisen i markedet. Første ledd i likning (42') er negativt. En økning i mengden elsertifikater og økt fornybar energi vil med stigende grensekostnader øke prisen på elsertifikatet. Det andre leddet i likning (42') er derfor positivt. Én enhets økning i elsertifikatkvoten vil redusere energiprisen. For at produsenter av fornybar energi fremdeles skal ha et insentiv til å øke sin produksjon, vil elsertifikatprisen presses oppover. En økning i elsertifikatkvoten vil redusere energiprisen, men øke prisen på elsertifikater. Slutteffekten på konsumentprisen er usikker. Disse resultatene er fanget opp i Figur 4. Figuren viser utviklingen i energipris, grenseinntekt til fornybar energi og konsumentpris når elsertifikatkvoten gradvis øker. Den horisontale akse måler elsertifikatkvoten ( $a$ ), mens den vertikale akse måler prisene, i kroner per enhet. Løsningen uten elsertifikatordning kan leses av den vertikale akse, når elsertifikatkvoten er lik null.





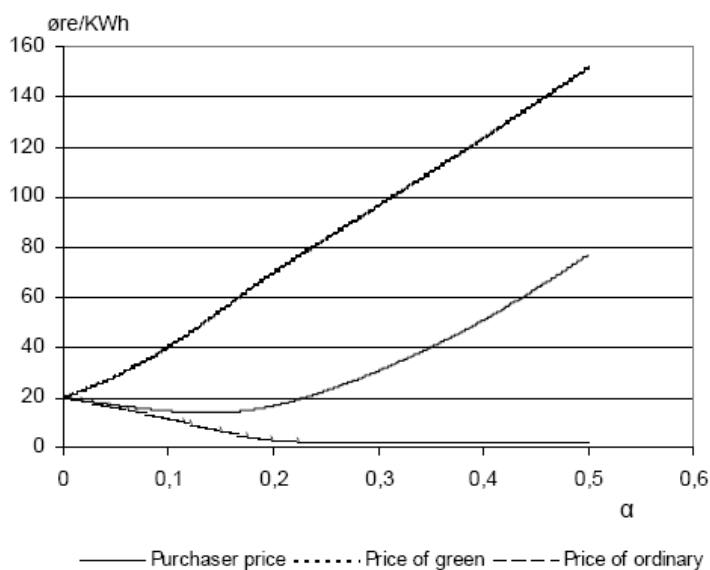
**Figur 4:** Utviklingen av pris når elsertifikatkvoten øker

Kilde: (Golombek og Hoel, 2005)

Innføringen av elsertifikatordningen gjør at vi beveger oss mot høyere langs den horisontale aksene. Energi prisen ( $p$ ) er en gradvis fallende kurve, når elsertifikatkvoten øker. Mens energi prisen, som inntekt til ikke-fornybar energiprodusent, faller vil grenseinntekten til fornybar energi være uanfektet av elsertifikatkvoten. Analysen av likning (42') ga et positivt forhold mellom elsertifikatkvoten og elsertifikatprisen. Når myndighetene setter opp elsertifikatkvoten vil markedet reagere med å øke prisen på elsertifikatet. Dette gjør grenseinntekten til fornybare energiprodusenten stabil. Prisen til konsumenten faller noe i starten, men når elsertifikatkvoten når en viss størrelse vil konsumentprisen øke. Det betyr at for tilstrekkelig stor elsertifikatkvote, vil den marginale endringen i elsertifikatprisen være sterkere enn endringen i energi prisen, og konsumentprisen vil gradvis øke. Først når fornybar energi utgjør den samlede energiproduksjonen (elsertifikatkvoten er lik 1), vil konsumentprisen være sammenfallende med grenseinntekten til fornybar energiprodusent.

Bye (2003) har forsøkt å regne ut effekten av en økt elsertifikatkvote på konsumentprisen. Den matematiske tilnærmingen ga et flertydig resultat. Bye (2003) har videre foretatt en simulering av den norske økonomien for å se nærmere på sammenhengen mellom elsertifikatkvoten og prisene i elsertifikatordningen. Resultatet er vist i Figur 5. Langs den horisontale aksene måles elsertifikatkvoten fra 0 til 0,60, mens den vertikale aksene måler pris i øre per kWh. Den øverste kurven viser grenseinntekten til den fornybare energiprodusenten.

Denne øker jevnt med elsertifikatkvoten. Mens energiprisen (den nederste kurven) faller når elsertifikatkvoten øker. Den siste effekten er sammenfallende med analysen over.



**Figur 5: De ulike prisene som funksjon av en økende elsertifikatkvote**

**Kilde:** (Bye, 2003)

Konsumentprisens utvikling er illustrert ved den midterste kurven. Konsumentprisen faller jevnt frem til elsertifikatkvoten når 0,15. Deretter øker konsumentprisen og passerer sitt utgangsnivå ved en elsertifikatkvote på 0,24. Konsumentprisen vil hele veien ligge på et nivå mellom energiprisen og grenseinntekten til fornybar energiprodusent. Det er tydelig fra denne drøftingen at konsumentprisens utvikling under elsertifikatordningen avhenger av hvilket nivå elsertifikatkvoten befinner seg. Tabell 1 viste at den norske elsertifikatkvoten befinner seg på et nivå mellom 0,018 og 0,183. Med dette utgangspunktet er det rimelig å anta at konsumentprisen vil reduseres på lang sikt. Videre analyser og drøfting vil forutsette at konsumentprisen faller ved innføring av en elsertifikatordning.

## 7.2 Samfunnets velferd

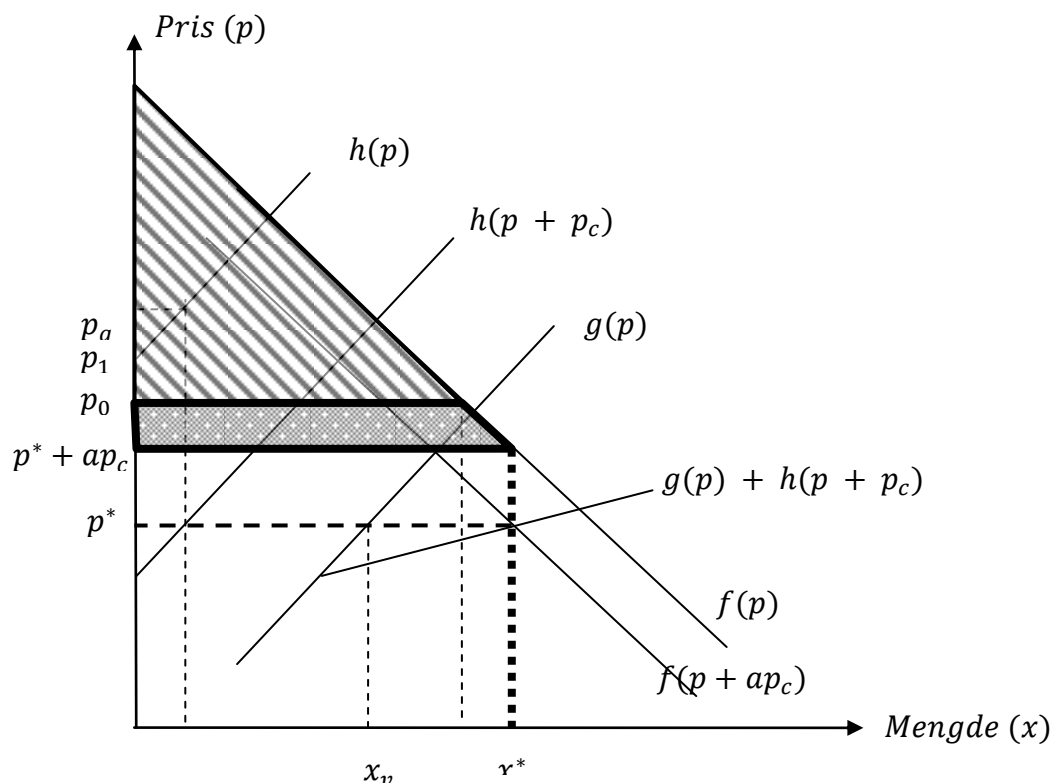
Samfunnets velferd, eller samfunnsøkonomisk overskudd, er summen av produsent- og konsumentoverskudd. Figurene 6 og 7 bygger på figuren til Bye (2003) og skal illustrere effekten av elsertifikatordningen på velferden. Bye (2003) har i sin artikkel formelt regnet ut produsent- og konsumentoverskudd, som er gjengitt i likningene (43) til (45).

- **Konsumentoverskudd**

Konsumentoverskuddet er samlet nytteoverskudd som følger av at konsumentens marginale betalingsvillighet ikke er fullt utnyttet. Formelt er konsumentoverskuddet verdien av energi for konsumenten fratrasket kostnaden ved forbruket. Bye (2003) har definert endringen i konsumentoverskuddet som:

$$(43) \quad \Delta KO = \int_{p_0}^{p^* + ap_c} f(p) \partial p - p_0(x^* - x_0) + [p_0 - (p^* + ap_c)] x_0$$

I Figur 6 er konsumentoverskuddet før innføringen av elsertifikater illustrert ved den store trekanten øverst. Et økt energitilbud og lavere etterspørsel, bidrar til å redusere konsumentprisen for energi. Dette gir en økning i konsumentoverskuddet tilsvarende den lille trapesen uthevet.



Figur 6: Konsumentoverskudd før og etter sertifikatordningen

- **Produsentoverskudd**

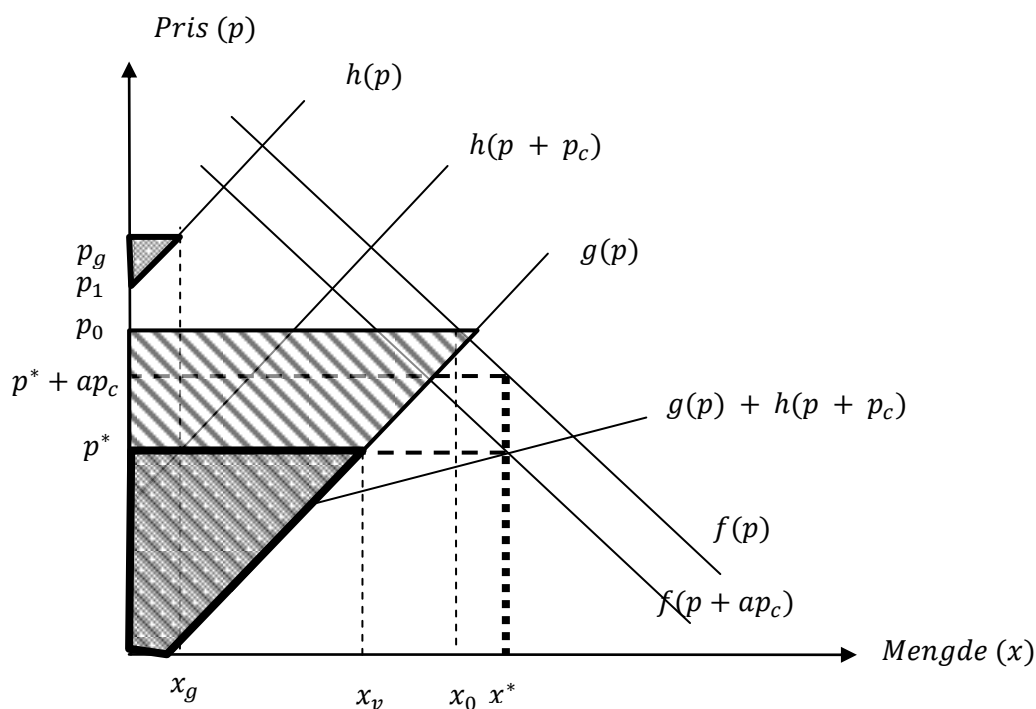
Produsentoverskuddet er produsentens inntekt fra salg av energi fratrasket produksjonskostnaden. I markedsløsningen ble det kun produsert ikke-fornybar energi. Det

totale produsentoverskuddet var derfor tilsvarende produsentoverskuddet til ikke-fornybar energiprodusent. Dette er illustrert ved den store trekanten med striper mot venstre, i Figur 7. Innføringen av elsertifikater fører til en reduksjon i tilbudet av ikke-fornybar energi, og påvirker produsentoverskuddet negativt. Uttrykket i likning (44) er følgelig negativt.

$$(44) \quad \Delta PO_v = p_0 x_0 - p^* x_v - \int_{p^*}^{p_0} g(p) dp$$

For å finne produsentoverskuddet til fornybar energiprodusent trekkes produsentoverskuddet til ikke-fornybar energiprodusent fra det totale overskuddet. Dette er vist i likning (45).

$$(45) \quad PO_g = p^* x^{**} - \int_0^{p^*} [g(p) + h(p + p_c)] dp - \int_0^{p^*} g(p) dp$$



Figur 7: Produsentoverskuddet før og etter sertifikatordningen

Produsentoverskuddet til ikke-fornybar energi reduseres til den nederste trekanten, som er tegnet inn fra  $p^*$  til  $g(p)$ . Produsentoverskuddet til den fornybare energiprodusenten er den øverste trekanten, som går fra  $p_g$  til  $h(p)$ . Summen av trekantene er mindre enn den store trekanten, som viser produsentoverskuddet før innføringen av elsertifikater. Økningen i

fornybar energiproduksjon er med andre ord mindre enn reduksjonen i ikke-fornybar energiproduksjon.

- **Samfunnsøkonomisk overskudd**

Det samfunnsøkonomiske overskuddet er summen av produsentoverskudd og konsumentoverskudd. Gitt at konsumentprisen faller, vil konsumentoverskuddet øke som følge av innføringen av elsertifikater. Som følge av en reduksjon i energiprisen, vil ikke-fornybare energiprodusenter få redusert sin lønnsomhet, og deres overskudd reduseres. Økningen i produsentoverskuddet til fornybare energiprodusenter er ikke stor nok til å dekke tapet til ikke-fornybare energiprodusenter. Totalt, vil det samfunnsøkonomiske overskuddet reduseres. Effekten av elsertifikatordningen er et velferdstap. Dette er i samsvar med resultatene fra Golombek og Hoel (2005). Ved hjelp av simuleringsmodellen Libemod kommer forfatterne frem til at et felles elsertifikatmarked med Sverige alltid vil gi et velferdstap.

## 7.3 Oppsummering

I utgangspunktet vil innføringen av en avgift på energiforbruket føre til en økt konsumentpris. Modellen i denne oppgaven ser på tilpasningen til produsenten og konsumenten på lengre sikt. Etter hvert som den fornybare energiproduksjonen bygges ut og tilbudet av energi i markedet blir større, er det forventet et fall i konsumentprisen. I den videre analysen har jeg derfor forutsatt en reduksjon i konsumentprisen på lang sikt. Til tross for en økning i konsumentoverskuddet, vil reduksjonen i produsentoverskuddet være så stort at den totale velferden reduseres med innføringen av elsertifikater. I rammene av den teoretiske modellen er elsertifikater derfor ikke et optimalt instrument. Elsertifikatene korrigerer ikke for markedssvikten som oppstår ved produksjonen av ikke-fornybar energi og påfører samfunnet et velferdstap.

## 8 Drøfting

Jeg vil nå bruke resultatene fra den teoretiske modellen, samt høringsnotatet ”om lov om elsertifikater”, for å se nærmere på elsertifikatordningens effekt på det norske energimarkedet og den norske energipolitikken.

### 8.1 Den norske energiproduksjonen

Modellen i kapittel 4 og 6 tar utgangspunkt i det europeiske energimarkedet. Grunnen til at jeg valgte å ta for meg det europeiske energimarkedet er fordi det nettopp var EU-kommisjonen som vedtok *Fornybardirektivet*. Den gjennomsnittlige energiproduksjonen i EU består av 10,4 prosent fornybar energi. Med andre ord utgjør ikke-fornybar energi størsteparten av den europeiske energiproduksjonen. Den norske elektrisitetsproduksjon består av 99 prosent vannkraft, hvor den største andelen kommer fra vannkraftanlegg med en kapasitet på over 1 MW. Mens målet i det europeiske energimarkedet er å erstatte ikke-fornybar energi med fornybar energi, samtidig som man ønsker å gjøre seg mer selvforsynt med energi, vil innføringen av elsertifikater i Norge bidra til en ekstra produksjon av energi. Med denne bakgrunnsinformasjonen, vil jeg nå forsøke å implementere resultatene fra modellen til den norske energisituasjonen i dag.

Innføringen av elsertifikater i det norske energimarkedet vil gi to aktører som begge produserer fornybar energi. Dette er eksisterende vannkraftprodusenter og elsertifikatberettigede produsenter av vindkraft, biobrenselenergi og vannkraft (med en kapasitet under 1 MW). Jeg beholder forutsetningene for modellen. Markedseffektene, som ble oppsummert i Tabell 2, holder også i denne analysen. Salget av elsertifikater gir produsenten av fornybar energi en ekstrainntekt, hvor produsenten svarer med å øke tilbudet av fornybar energi. Støtten til produsenten av fornybar energi medfører at summen av fornybar og ikke-fornybar energi øker. Totalt vil tilbudet av energi øke. Dette vil presse energiprisen ned og tilsvarende på sikt øke etterspørselen etter energi. Subsidieeffekten via elsertifikatet til fornybar energiprodusent er sterkere enn avgiftseffekten av elsertifikatet på konsumenten.

I modellen vil en lavere energipris ikke kunne dekke de variable kostnadene forbundet med produksjonen av ikke-fornybar energi og eksisterende (ikke-fornybare) energiprodusenter reduserer sitt tilbud. Norske vannkraftprodusenter kan produsere fornybar energi lønnsomt. Med ikke-eksisterende variable kostnader i vannkraftproduksjon, vil produsentene ikke ha et direkte insentiv til å redusere energitilbudet. Det er forventet at produksjonen av vannkraft opprettholdes. Dette vil føre til en forsterkende priseffekt, og energiprisen og konsumentprisen vil falle ytterligere. På lang sikt er energiproduksjonen fra vannkraftverkene tilnærmet prisuelastisk, med andre ord upåvirket av energiprisen. Med unntak av vannkraftverk med flerårsmagasin, vil det produseres energi kontinuerlig. Med vannkraft som den eksisterende, lønnsomme produksjonen, vil effekten på konsumentprisen og tilbudet av fornybar energi forsterkes sammenlignet med den europeiske energisituasjonen.

Effekten av elsertifikater i det norske energimarkedet er godt kjent. Regjeringen skrev i 2005 følgende om energipolitikkenes mål: *"Utviklingen av energiressursene vil komme norske forbrukere til gode gjennom økt forsyningssikkerhet til konkurransedyktige priser, og bidra til at Norge får en fortsatt sterk rolle i det nordiske og nord-europeiske energimarkedet"* (OED, 2005). Tilgangen på vannkraft og gode vindforhold har gitt Norge et fortrinn i produksjonen av fornybar energi. Mens det europeiske energimarkedet ønsker å stimulere til fornybar energi, som strategi for å redusere ikke-fornybar energiproduksjon, vil samme mål for Norge innebære en energiproduksjon som er langt høyere enn nasjonale etterspørselen. Norge har de siste årene vært noenlunde selvforsynt med energi, slik at for å dempe priseffekten i energimarkedet, vil det være insentiv til å øke eksport av energi utenlands. Økt eksport av energi vil også bidra til å holde balanse mellom produksjon og forbruk av energi.

## **8.2 Et elsertifikatmarked med norsk politikk**

### **8.2.1 Forsyningssikkerhet**

I kapittel 2 ble forsyningssikkerhet på lang sikt omtalt som optimal investering i produksjon, lagring og nettverkskapasitet for å sikre en sikker og stabil tilgang på energi. Modellen og analysen i henhold til den norske energisituasjonen viste at produksjonen av fornybar energi vil øke som følge av elsertifikatordningen. For at ordningen også skal bidra til å øke forsyningssikkerheten, er det nødvendig at energinettets overføringskapasitet kan håndtere

den økte energiproduksjonen. Dette er også poengtert i høringsnotatet til OED: *"Den store satsningen på fornybar energi krever en omfattende utbygging av overføringsnett i Norden"* (OED, 2010). Dette gjelder spesielt overføringsnettet mellom Sverige og Norge. I et felles elsertifikatmarked med Sverige vil produksjonen og handelen med elsertifikater avgjøres i markedet. Elsertifikatmarkedet skal gi landene utbytte av den samlede investeringen i fornybar energi.

### **8.2.2 Elsertifikater og CO<sub>2</sub>-utslipp**

Produksjonen av ikke-fornybar energi generer utslipp av CO<sub>2</sub>, som er blant noen av årsakene til global oppvarming. CO<sub>2</sub>-utslipp er en funksjon av primærenergi til ikke-fornybar energi og utslippsintensiteten. Når det settes en maksimumsgrense for CO<sub>2</sub>-utslipp, vil det settes en begrensning på bruken av primærenergi i produksjonen av ikke-fornybar energi. Tilbudet vil som følge av dette reduseres. For å opprettholde energibalansen, er det nødvendig at den ikke-fornybare energiproduksjonen erstattes med en mer klima- og miljøvennlig energiproduksjon. *Fornybardirektivet* forplikter medlemsland til å øke produksjonen av fornybar energi, slik at denne på sikt kan erstatte den ikke-fornybare energien og dermed redusere CO<sub>2</sub>-utslipp ytterligere.

Norge forplikter seg gjennom Kyotoavtalen til å begrense sine utslipp av CO<sub>2</sub> til én prosents økning fra 1990-nivå. Modellen viste at elsertifikatordningen vil redusere tilbudet av ikke-fornybar energi i det europeiske energimarkedet. En reduksjon i tilbudet av ikke-fornybar energi gir en reduksjon i utslipp av CO<sub>2</sub>. Følgelig vil etterspørselen etter CO<sub>2</sub>-kvoter reduseres. Kvotepreisen for CO<sub>2</sub>-utslipp presses ned og gjør det billigere for eksisterende ikke-fornybare energiprodusenter å slippe ut mer CO<sub>2</sub>. Ikke-fornybare energiprodusenter med høy utslippsintensitet vil øke sin energiproduksjon og dermed også CO<sub>2</sub>-utslippene. Da det er satt internasjonale grenser for CO<sub>2</sub>-utslipp, vil ikke elsertifikatordningen kunne redusere summen av utslippene, men heller endre fordelingen mellom land. Hvis Norge er i stand til å redusere sitt CO<sub>2</sub>-utslipp, vil myndighetene kunne selge de overflødige CO<sub>2</sub>-kvotene til land med høy utslippsintensitet. Et land alene, som Norge, er ikke i stand til å redusere den totale mengden CO<sub>2</sub>-utslipp ved hjelp av elsertifikater.



### 8.2.3 Elsertifikater og effektivitet

Begrepet styringseffektivitet blir brukt for å se hvorvidt et virkemiddel er effektivt til å nå et mål. For å kunne evaluere effektiviteten ved bruk av elsertifikater er det nødvendig med en klar og spesifikk målsetning. Det overordnede målet med elsertifikater er å øke produksjonen av fornybar energi. Elsertifikater er et indirekte virkemiddel som skal stimulere til økt produksjon av fornybar energi. Det er opp til produsenten hvordan denne økningen vil foregå. Målet om økt fornybar energi er et overordnet mål hvor delmålet er å redusere CO<sub>2</sub>-utslipp. Elsertifikater er ikke et styringseffektivt virkemiddel. Dette er fordi målsetningen er generell og virkemiddelet stiller ingen bestemte krav til produsenten av fornybar energi. Direkte virkemidler, som klimapolitikk, vil som oftest være styringseffektivt, fordi den pålegger en bestemt grense for CO<sub>2</sub>-utslipp som sikrer at utslippene ikke blir større enn det myndighetene ønsker.

Et annet effektivitetskriterium er kostnadseffektivitet. Et virkemiddel er kostnadseffektivt når det gis insentiv til å investere i de billigste fornybare energiprosjektene. Elsertifikatordningen bygger på prinsippet om teknologinøytralitet. Med et mål om å maksimere profitt, vil prinsippet om teknologinøytralitet skape konkurranse om de billigste fornybare energiprosjektene. Effektive prosjekter blir plukket fra tilbudskurven, mens de andre prosjektene faller bort. Elsertifikatordningen er teknologinøytral, men ikke størrelsesnøytral. I Soria-Moria erklæringen fra 2005 heter det at den norske regjeringen ønsker *”å utnytte potensialet som ligger i opprusting av eksisterende vannkraftverk og i bygging av små- mini- og mikroenergiverk”* (Regjeringen, 2005). Videre heter det at en sertifikatordning skal innføres *”for ny fornybar energi og mini- og mikroenergiverk”*<sup>6</sup> (Regjeringen, 2005). Når vannkraft begrenses ved en elsertifikatordning, vil også ordningen utelukke den mest kostnadseffektive fornybare energiresursen. Mye tyder på at begrensningen på elsertifikatberettigede vannkraftverk er satt for å gi mulighet for økt vindkraftproduksjon. Konkurransen mellom vannkraft og vindkraft vil trappes ned og vindkraft blir en mer lønnsom og attraktiv energiresurs. Begrensninger i størrelse i elsertifikatordningen vil gjøre elsertifikatordningen mindre kostnadseffektiv: øke kostnadene ved energiutbyggingen og gjøre det vanskeligere å nå målet om økt fornybar energi. Det kan konkluderes at elsertifikater er et kostnadseffektivt virkemiddel, gitt at prinsippet om teknologinøytralitet holder. Skranken

---

<sup>6</sup> Ordningen begrenses til elsertifikatberettiget vannkraftproduksjon hvor anlegg har maksimal kapasitet under 1 MW.

på maksimal kapasitet til vannkraftproduksjonen vil kunne minske effektiviteten, men ikke betraktelig.

### **Fordeling mellom produsent og konsument**

Elastisiteten gir uttrykk for den prosentvise endringen i etterspurt mengde gitt en prosentvis endring i pris. Elastisiteten er normalt forskjellig på kort og lang sikt. I følge Thilert (2008) vil priselastisiteten for energigoder være lavere på lang sikt. På kort sikt vil priselastisiteten avhenge av reaksjonsevnen og hvorvidt substitusjonsgoder er tilgjengelig for konsumenten. Det er gjort mange anslag for den direkte priselastisiteten til husholdningers etterspørsel etter energi. Holmøy, Olsen og Strøm (1998) finner en aggregert priselastisitet på innenlandsk energietterspørsel på 0,13 på lang sikt. Når energiprisen øker med én prosent, vil energietterspørselen i husholdningene reduseres med 0,13 prosent (Holmøy, Olsen og Strøm, 1998). Til tross for en relativt lav priselastisitet, viste modellen at avgiften på forbrukssiden reduserte etterspørselen. Vannkraftproduksjonen er prisuelastisk på lang sikt. En liten endring i energiprisen vil ikke påvirke produksjonen av vannkraft. Ettersom produksjonen av vannkraft opprettholdes, også etter innføringen av elsertifikater, forsterkes effektene. Totalt tilbud øker, mens energiprisen presses ned. Produsentene betaler kostnaden (lavere energipris) ved elsertifikatordningen. Konsumentens overskudd har økt, mens overskuddet til eksisterende vannkraftprodusenter er redusert.

### **8.2.4 Miljø- og klimapolitikk**

Myndighetene må til slutt gi klarsignal for utbyggingen av fornybar energiproduksjon. Størsteparten av den norske vannkraften er utbygd, og kostnadene forbundet med det resterende potensial er relativt høye. Hvor mye ny vannkraftproduksjonen som elsertifikatordningen finansierer, vil avhenge av hvor mange nye konsesjoner som tildeles. Norske myndigheter vil fremdeles kunne kontrollere utbyggingen av fornybar energi, og dermed forsøke å redusere inngrep i naturen.

## 8.3 Hva betyr et felles elsertifikatmarked for Norge?

*”Ministrene<sup>7</sup> er enige om at et felles elsertifikatmarked vil gi fordeler for begge land i arbeidet med å fremme klima- og miljømål så vel som forsyningssikkerhet (...) Ministrene er enige om at et felles elsertifikatmarked vil legge grunnlaget for betydelige investeringer i fornybar elektrisitet i begge land” (OED, 2008a).*

Energimyndigheten<sup>8</sup> har utført en analyse av et felles svensk-norsk elsertifikatmarked (Energimyndigheten, 2010). Jeg vil legge frem noen av resultatene, for å si noe nærmere om hvordan elsertifikatordningen vil påvirke det norske energimarkedet. Det er spesielt tre elementer jeg vil legge vekt på:

- Energiproduksjonen: kostnader og potensial
- Energimarkedet
- Effektivitetskriteriene

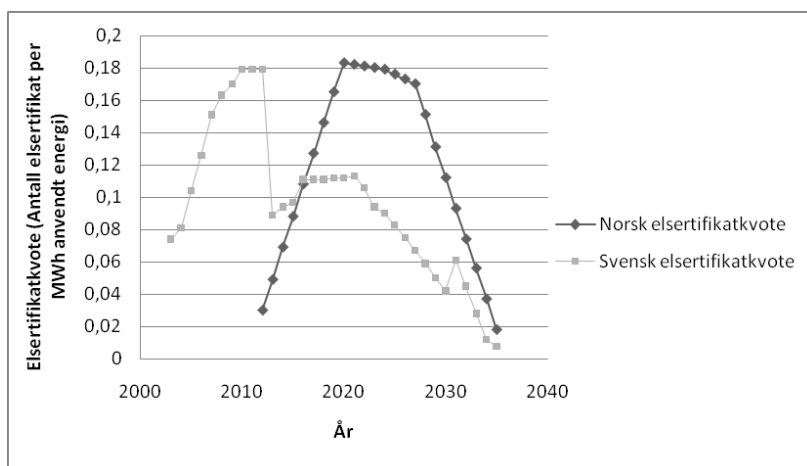
### 8.3.1 Produksjon av fornybar energi

I et felles elsertifikatmarked vil Sverige og Norge ha hver sin elsertifikatkvote, som gir uttrykk for hvert lands ambisjon om finansiering av fornybar energi. Elsertifikatkvoten settes slik at hvert land finansierer 13,2 TWh ny fornybar energiproduksjon. Totalt skal det finansieres 26,4 TWh ny fornybar energiproduksjon i 2020. Hvor energiproduksjonen vil skje er avhengig av faktorer som kostnadsutvikling, konsesjonspolitikk, utbyggers vurdering av markedsutsiktene og øvrige energipolitiske rammevilkår. For beregning av økt fornybar energiproduksjon i henhold til *Fornybardirektivets* forpliktelser, vil realisert produksjon av fornybar energi fordeles likt mellom Sverige og Norge. Figur 8 viser utviklingen i elsertifikatkvoten for Norge og Sverige i perioden 2003 (henholdsvis 2012) til 2035, som skal finansiere 26,4 TWh fornybar energi i 2020.

---

<sup>7</sup> Olje- og energiminister Terje Riis-Johansen og Sveriges visestatsminister og næringsminister Maud Olofsson

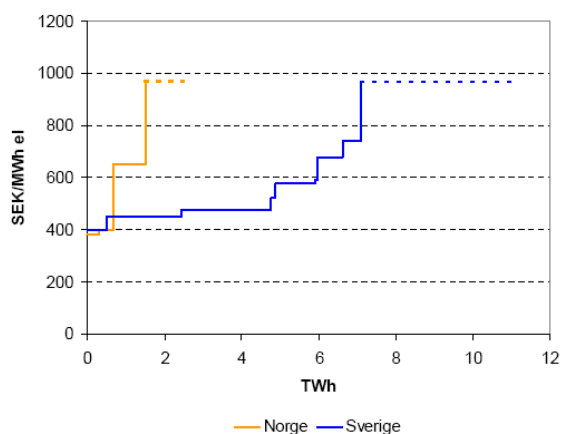
<sup>8</sup> Energimyndigheten er forvaltningsmyndigheten i Sverige. De har ansvaret for spørsmål om energiforbruket og tilbudet av energi.



**Figur 8: Utviklingen av den norske og svenske elsertifikatkvoten fra 2003 til 2035**

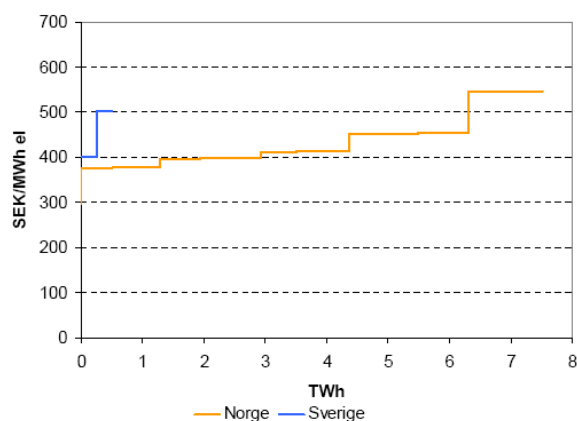
**Kilde:** Tallene er hentet fra (OED, 2010) og Energimyndigheten (2009)

I avtalen om et felles elsertifikatmarked er det ikke lagt noen føringer på hvilke fornybare energikilder som skal bidra til å øke produksjonen av fornybar energi. Energimyndigheten har kalkulert potensialet og kostnaden forbundet med hver fornybare energikilde i henholdsvis Sverige og Norge<sup>9</sup>. Fornybar energi er all energi fra fornybare energikilder og er i henhold til *Fornybardirektivet* all vindkraft, småkraftverk og biobrenselenergi. Resultatet er illustrert i figurene 9 til 11. I figurene måler den horisontale akse potensialet (i TWh), mens den vertikale akse måler kostnaden for økt fornybar energiproduksjon i SEK/MWh energi.



**Figur 9: Potensial og kostnad for ny biobrenselenergi i Sverige og Norge i 2020. Biobrenselbasert kondensproduksjon er vist med prikkete linje**

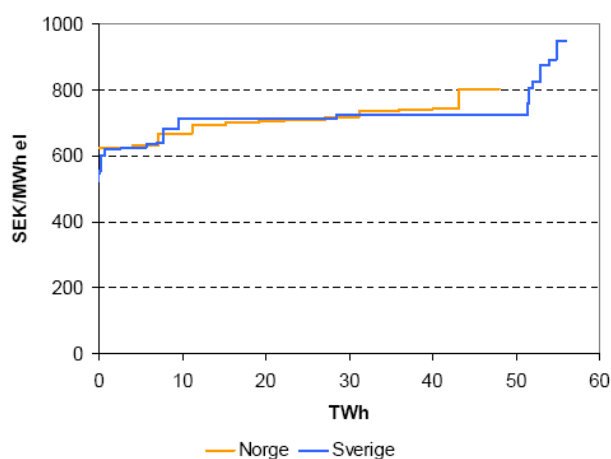
**Kilde:** Energimyndigheten (2010)



**Figur 10: Potensial og kostnad for ny vannkraft i Sverige og Norge i 2020**

<sup>9</sup> Energimyndigheten har brukt modellen MARKAL-NORDIC. Forutsetningen er et felles svensk-norsk elsertifikatmarked fra 1. januar 2012 til 2035. I tillegg til ambisjonsnivået på 26,4 TWh i 2020 forventes det en ytterligere økning i fornybar energiproduksjon i Sverige på 3 TWh og i Norge på ca. 1-2 TWh i perioden 2009 til 2011. Total prognose for fornybar energi er 31 TWh fra 2009-2020.

Norge har et potensial for produksjon av biobrenselenergi i underkant av 2 TWh, til en maksimal kostnad til underkant av 1000 SEK/MWh (Figur 9). Til samme kostnad, kan Sverige produsere ca. 7 TWh biobrenselenergi. Sverige har en klar kostnadsfordel i produksjonen av biobrenselenergi, mens Norge vil ha en fordel innen vannkraftproduksjon. Figur 10 viser potensialet for vannkraftproduksjonen til ca. 7,5 TWh<sup>10</sup>, med en kostnad på ca. 500 SEK/MWh. Forskjellen mellom potensial og kostnad mellom Norge og Sverige gjør det aktuelt å dra nytte av de komparative fortrinnene i det enkelte land. Vindkraft er en relativt ny fornybar energikilde for begge landene. Figur 11 viser tydelig en jevn utvikling i kostnaden og potensialet for vindkraft mellom landene. Dette er noe av årsaken til at man har gitt uttrykk for at vindkraft bør være prissettende i et felles elsertifikatmarked. Energimyndigheten gir klare forventninger om at vindkraft vil utgjøre rundt halvparten av økningen produksjonen av fornybar energi.



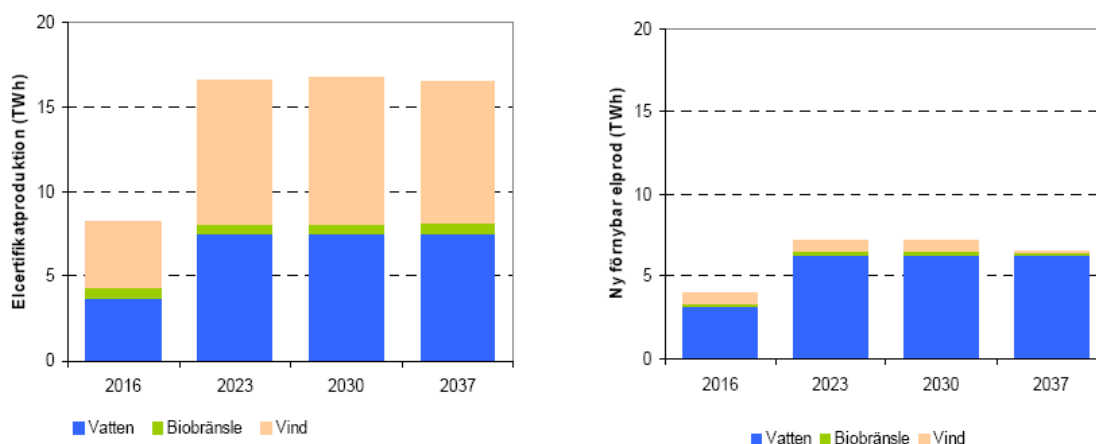
**Figur 11: Potensial og kostnad for ny vindenergi i Sverige og Norge i 2020**

**Kilde: Energimyndigheten (2010)**

Det er kostnaden for utbyggingen som til slutt vil bestemme hvor og med hvilken fornybar energikilde produksjonen skjer. Elsertifikatprisen er forventet å reflektere den gjennomsnittlige produksjonskostnaden til vindkraft, som bidrar til at vindkraft er en relativt billig fornybar energikilde. Dette stimulerer til økt produksjon av vindkraft, som under videreføring av dagens (norske) støtteordning ville mottatt mindre støtte. Figur 12 viser den potensielle effekten på det norske energimarkedet av å inngå en avtale om et felles

<sup>10</sup> I en rapport utført av Econ Pöyry (*Kortsiktige effekter av en gemensam svensk-norsk elsertifikatmarknad. Maj 2010, dnr.17-10-1600*) for Energimyndigheten har man beregnet et potensial tilsvarende 8,3 TWh utbygging av norsk vannkraft frem til år 2020. Av dette potensialet beregnes 4,5 TWh norsk vannkraft som ikke er omfattet av offentlig eierskap. (Energimyndigheten, 2010)

elsertifikatmarked med Sverige<sup>11</sup>. Diagrammet til høyre viser den potensielle økningen i fornybar energi i Norge under videreføring av dagens ordning<sup>12</sup>. Til sammenligning viser diagrammet til venstre den potensielle utviklingen av fornybar energi, gitt at Norge deltar i et felles elsertifikatmarked med Sverige. Produsentene av vindkraft vil tydelig vinne på avtalen om en felles ordning. Også produksjonen fra andre fornybare energikilder vil øke.



Figur 12: Sertifikatberettiget produksjon i Norge med et felles elsertifikatmarked (til venstre) og den respektive nye fornybare energiproduksjon i referansebanen (til høyre).

Kilde: Energimyndigheten (2010)

### 8.3.2 Energimarkedet

Som i den teoretiske modellen, viser analysen gjort av Energimyndigheten en økning i tilbudet av fornybar energi. Spesielt produsentene av vindkraft vil komme positivt ut fra ordningen. *Hvilken virkning har ordningen på markedet?* Et felles elsertifikatmarked åpner for mulighet til handel med elsertifikater på tvers av landegrensen. Svenske elsertifikater kan benyttes til å oppfylle elsertifikatplikten i Norge, og motsatt. Dette vil skape en konkurranse om de billigste fornybare energiprojektene også mellom landegrensen. For å komme best ut av ordningen, vil det være aktuelt med økt vannkraft i Norge og biobrenselenergi i Sverige. Fordelen er en jevnere fordeling av fornybare energikilder og nærmest en spesialisering av produksjonen i landene. Elsertifikatorrdningen vil bidra til et større marked og større volum med flere aktører og bedre likviditeten i markedet.

<sup>11</sup> Figuren illustrerer resultatet fra modellen MARKAL.

<sup>12</sup> Dagens ordning i Norge er en investeringsstøtte til fornybar energi, varme og energieffektivisering. Ordningen administreres av statsorganet Enova, som forvalter Energifondet. Energimyndigheten refererer til 'referensfallet' som er en potensiell videreføring av dagens støtteordning.

### **8.3.3 Effektivitetskriteriene**

En felles elsertifikatordning skaper en sterkere konkurranse om de billigste fornybare energiprosjektene blant produsentene. Hvis landene velger å satse på sine komparative fortrinn, vil dette kunne bidra til en effektiv utnyttelse av de fornybare energikildene. Produksjonen av vindkraft vil gis i markedet. For vannkraftproduksjon, vil produksjoner med en maksimal kapasitet på 1 MW krediteres med elsertifikater. En slik størrelsesbegrensning vil kunne redusere kostnadsfordelene av en elsertifikatordning. Samtidig gjør begrensningen det mulig å øke produksjonen av vindkraft. Et større elsertifikatmarked og økt konkurranse anses som positivt for effektiviteten. Både Norge og Sverige vil ha en kostnadsfordel ved å innføre en felles ordning.

## **8.4 Oppsummering**

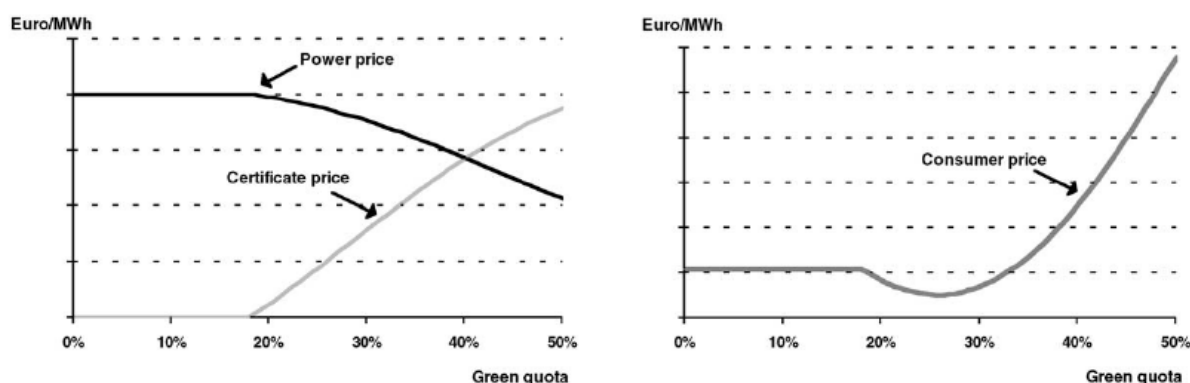
Modellen implementert til den norske energisituasjonen viser en kraftig økning i tilbudet av fornybar energi, samt en reduksjon i energiprisen. Effekten er sterkere i det norske energimarkedet, ettersom eksisterende vannkraftprodusenter opprettholder sin produksjon. Kostnaden av å innføre elsertifikater skyves til de eksisterende produsentene, som ender opp med en redusert lønnsomhet. Elsertifikatordningen er et kostnadseffektivt virkemiddel og vil kunne øke forsyningssikkerheten (gitt at kapasiteten på overføringsnettet holder). Innføringen av et felles elsertifikatmarked anses som positivt på likviditeten og effektiviteten. Det er forventet at Norge vil satse på produksjon av vannkraft, mens Sverige vil øke produksjonen av biobrenselenergi. I et felles elsertifikatmarked vil produksjonen av vindkraft fordeles noenlunde likt mellom landene. Vindkraft er den fornybare energikilden som vil tjene mest på innføringen av et felles elsertifikatmarked. Totalt sett vil et felles marked øke volumet og antallet aktører på markedet. Dette styrker konkurransen om de billigste prosjektene og bedrer likviditeten.

## **8.5 Sammenligning med tidligere forskning**

Jeg ønsker å se nærmere på tidligere forskning omkring elsertifikater, for å se om mine resultater kan sammenlignes med dem. Modellen viste at elsertifikatordningen fører til en økning i produksjonen av energi, samt en reduksjon i etterspørselen, som følge av

konsumenten ilegges en avgift på energiforbruket. Effekten på konsumentprisen trengte litt mer undersøkelse.

En artikkel jeg har referert mye til er en undersøkelse av Bye (2003). Hovedkonklusjonen fra artikkelen er at for tilstrekkelig lav elsertifikatkvote vil konsumentprisen falle og det samfunnsøkonomiske overskuddet reduseres som følge av elsertifikatordningen. Ved hjelp av en simulering av den norske økonomien fant Bye (2003) bevis for at konsumentprisen vil falle opp til en elsertifikatkvote på ca. 0,15, mens konsumentprisen vil øke for høyere verdier av elsertifikatkvoten. Også Jensen og Skytte (2002) finner at effekten på konsumentprisen er usikker. Figur 13 viser resultatet av en sensitivitetsanalyse. Effekten på energipris og elsertifikatpris er det samme som i Bye (2003), mens konsumentprisen forventes å være stabil opptil en elsertifikatkvote på ca. 0,17 for deretter å falle til 0,25. For høyere elsertifikatkvote finner Jensen og Skytte (2002) bevis for at konsumentprisen vil øke jevnt.



**Figur 13: Energi- og elsertifikatpris (til venstre) og konsumentprisen (til høyre) for ulike nivåer på elsertifikatkvoten**

**Kilde: Jensen og Skytte (2002)**

At elsertifikatordningen ikke bidrar til økt samfunnsøkonomisk overskudd er godt kjent blant flere artikkelforfattere. Bye (2003) og Golombek og Hoel (2005) finner begge bevis et velferdstap. Aune, Bye og Hansen (2005) finner også at den totale velferdseffekten er negativ, men deres resultater er ikke like klare. I artikkel heter det at konsumentoverskuddet reduseres som følge av at totalt tilbud av energi reduseres og ved at konsumentprisen går opp. Videre heter det at hvis økningen i elsertifikatberettiget produksjon er 0,5 TWh per år, vil konsumenten først tape, men vil i lengden vinne på ordningen. Øker produksjonen med 1 TWh per år vil konsumentene tape gjennom hele elsertifikatordningens periode.



Elsertifikatordningens overordnede mål er å øke produksjonen av fornybar energi. Et av de viktigste argumentene for å fremme produksjonen av fornybar energi faller bort når CO<sub>2</sub>-utslippene ikke reduseres. Amundsen og Mortensen (2001) finner bevis for at et strengere CO<sub>2</sub>-kvotemarked vil føre til en reduksjon i produksjonskapasiteten til både fornybar og ikke-fornybar energi. Når elsertifikater vil innføres i Norge, vil ordningen komme i tillegg til et allerede kvotesystem for CO<sub>2</sub>-utslipp. Modellen viste at elsertifikatordningen reduserer produksjonen av ikke-fornybar energi, mens total produksjon økte. En mindre etterspørsel etter CO<sub>2</sub>-kvoter fra produsenten av ikke-fornybar energi vil redusere kvoteprisen. Dette kommer de mest utslippsintensive teknologiene til gode, hvor reduksjonen i lønnsomheten er mindre enn reduksjonen i kvoteprisen. Böhringer og Rosendal (2009) har utført simuleringer på en statisk modell for det tyske kraftmarkedet. Resultatet av en elsertifikatordning, i tillegg til et kvotemarked var en økt produksjon av kullkraft mens produksjonen av gasskraft ble redusert. Elsertifikatordningen gjør gasskraft til den store taperen på energimarkedet. I et kvotemarked vil gasskraft øke, ettersom denne er forbundet med mindre utslipp av CO<sub>2</sub>, og dermed mindre kostnader. I et marked med både elsertifikatordning og kvotemarked, vil det bli billigere å produsere ikke-fornybar energi, og dermed er det mer lønnsomt å produsere den utslippsintensive energikilden, kullkraft.

Både modellen og resultatene fra eksisterende litteratur viser til at elsertifikater vil øke produksjonen av fornybar energi. Kostnaden forbundet med elsertifikatordningen vil skyves over til eksisterende (fornybare!) vannkraftprodusenter, som finansierer økningen i andre fornybare energiprojekter, som blant annet vindkraftproduksjonen. Hvor mye overskuddet reduseres vil avhenge av reduksjonen i konsumentprisen.

## 9 Konklusjon

I denne oppgaven har jeg undersøkt effekten av elsertifikater på det norske energimarkedet. Elsertifikater som virkemiddel er kostnadseffektivitet. Dette forutsetter at ordningen bygger på prinsippet om teknologinøytralitet. Energimarkedet er en fri konkurranseløsning, hvor aktører konkurrerer om de billigste fornybare energiprosjektene, dette også under elsertifikatordningen. Kriteriet om styringseffektivitet er ikke opprettholdt. Dette er fordi det overordnede målet med elsertifikater ikke setter klare målsetninger for produksjonen av fornybar energi.

Modellen viste at produksjonen av fornybar energi øker som følge av elsertifikatordningen. Et økt tilbud av fornybar energi, samt en reduksjon i total etterspørselen etter energi, vil bidra til å redusere både energiprisen og konsumentprisen. Dette er en fordel for konsumenten, som får et økt overskudd. Eksisterende vannkraftprodusenter har et prisuelastisk tilbud av energi på lang sikt. Disse vil opprettholde sin produksjon, samtidig som produksjonen fra nye fornybare energiprodusenter øker. For Norge, som er noenlunde selvforsynt med energi, vil et større tilbud av energi redusere energiprisen ytterligere. Eksisterende produsenter, vil få et redusert overskudd til samme produksjonsnivå. Kostnaden av ordningen er overført til de eksisterende produsentene, som får en redusert lønnsomhet. Økningen i overskuddet til de elsertifikatberettigede produsentene er ikke stor nok til å dekke tapt produsentoverskudd til eksisterende produsenter. Resultatet av elsertifikatordningen er et velferdstap.

Økningen i total produksjon av energi er ikke i samsvar med den samfunnsøkonomisk optimale løsningen. Jeg vil derfor anbefale å bruke et direkte virkemiddel, som klimapolitikk, i stedet for elsertifikater. Klimapolitikken setter en maksimumsgrense for CO<sub>2</sub>-utslipp fra produksjonen av ikke-fornybar energi. For produksjon utover klimamålet, pålegges produsenten en avgift som skal tilsvare den marginale miljøkostnaden. Satt riktig, vil en avgift på CO<sub>2</sub>-utslipp kunne korrigere for den negative eksterne effekten og redusere energitilbudet. En avgift på CO<sub>2</sub>-utslipp og elsertifikater har begge samme miljøvirkning. Men elsertifikatordningen er dyrere, fordi den øker produksjonen av fornybar energi utover realløsningen. Dette er ingen fornuftig ressursbruk.

# Litteraturliste

Amundsen, E.S., Mortensen, J.B. (2001) The Danish Green Certificate System: some simple analytical results. *Energy Economics* 23 (5), 489-509

Aune, F.R., Bye T., Hansen, P.V. (2005) Et felles norsk-svensk elsertifikatmarked. *Rapport 2005/20. Statistisk Sentralbyrå*

Bye, T. (2003) On the price and volume effects from green certificates in the energy market. *Discussion paper no. 351. Statistisk Sentralbyrå*

Bye, T., Olsen, O.J., Skytte, K. (2002) Grønne sertifikater – design og funksjon *Rapport 2002/11. Statistisk Sentralbyrå*

Böhringer, C., Rosendahl, K. (2009) Satsing på fornybar energi = satsing på kullenergi. *Samfunnsøkonomen nr. 7*

Bøeng, A.C. (2010) Konsekvenser for Norge av EUs Fornybardirektiv. *Økonomiske analyser 4/2010. Statistisk Sentralbyrå*

Energimyndigheten (2009) Elcertifikatsystemet 2009.

Energimyndigheten (2010) Gemensamt elcertifikatsystem med Norge. Delredovisning i Uppdraget att föreslå nya kvoter mm i elcertifikatsystemet. ER 2010:28

Europa (2009) Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:en:PDF>

Eurostat (2010) Share of renewables in gross final energy consumption  
[http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=1&language=en&pcode=t2020\\_31](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=1&language=en&pcode=t2020_31) (lastet ned 01/09-2011)

Golombek, R., Hoel, M. (2005) Pliktige elsertifikater. *Rapport 1/2005*.  
*Stiftelsen Frischsenteret for samfunnsøkonomisk forskning*

Holmøy, E, Olsen, Ø., Strøm, B. (1998) Prisfølsomheten i etterspørselen etter elektrisk kraft: en dekomponering av generelle likevektseffekter. *Statistisk Sentralbyrå*

Jensen, S.G., Skytte, K. (2002) Interactions between power and green certificate markets. *Energy Policy 30 (5), pp. 425-435*

MD (2007) St.meld.nr.34 (2006-2007) – Norsk klimapolitikk (Miljøverndepartementet)

NOU 1998:11 Energi- og kraftbalansen mot 2020 (Olje- og energidepartementet)

NOU 2004:26 Hjemfall (Olje- og energidepartementet)

NVE (2004) Grønne sertifikater – Utredning om innføringen av et pliktig sertifikatmarked for energi fra fornybare energikilder, Revidert utgave. *Rapport 11/2004*

NVE (2005) Vindkraftpotensialet i Norge. *Rapport 17/2005*

NVE (2010) Tilgangen til fornybar energi i Norge – et innspill til Klimakur 2020. *Rapport 2/2010*

OED (1999) St.meld.29 (1998-1999) Om energipolitikken

OED (2005) St. prp. 1 (2005-2006) For budsjettåret 2006

OED (2008) Ot.prp.nr.61 (2007-2008) ”Om lov om endringer i lov 14. desember 1917 nr. 16 om erverv av vannfall, bergverk og annen fast eiendom m.v. (industrikonsesjonsloven) og i lov 14. desember 1917 nr. 17 om vassdragsreguleringer (vassdragsreguleringsloven)”

OED (2008a) Forståelse om utviklingen av et marked for elsertifikater, 27/06-2008 (lastet ned 30/09-2010)

<http://www.regjeringen.no/nb/dep/oed/pressesenter/pressemeldinger/2008/forstaelse-om-samarbeid-om-et-felles-els.html?id=519882>

OED (2010) Høringsnotat – om lov om elsertifikater 08.12.2010 (lastet ned 08/12-2010)

<http://www.regjeringen.no/nb/dep/oed/dok/hoeringer/hoeringsdok/2010/horing---lov-om-elsertifikater/horingsnotat.html?id=627390>

Regjeringen (2005) Politisk plattform for en flertallsregjering, utgått av Arbeiderpartiet, Sosialistisk Venstreparti og Senterpartiet. *Rapport, 20/12-2005*

REN21 (2010) *Renewables 2010 Global Status Report (GSR 2010)*

Singh, B. (2004) Security of Supply in Competitive Electricity Markets: the Nordic Power Market. *Working paper no. 71/04 SNF Project no. 3080*

Söderholm, P. (2008) The political economy of international green certificate markets. *Energy Policy* 36. 2051-2062.

SSB (2010) Elektrisitetsstatistikk, desember 2009: ”Rekordhøyt forbruk i alminnelig forsyning.”

Thilert, K. (2008) Husholdningsgruppers respons på endringer i forbruksavgiften på elektrisitet. *Rapport 2008/6. Statistisk Sentralbyrå*

UD (2007) St.prp. nr. 26 (2007-2008), ”Om samtykke til godkjenning av EØS-komiteens beslutning nr. 146/2007 av 26. oktober 2007 om innlemmelse i EØS-avtalen av direktiv

2003/87/EF av 13. oktober 2003 om en ordning for handel med kvoter for klimagassutslipp (kvotedirektivet), samt tilhørende.”

Voogt, M., Boots, M., Schaeffer, G., Martens, J.W. (1999) Renewable energy in a liberalised market – the concept of green certificates. *Energy and Environment*, 11(1)

ZERO (2009) Norge, fornybardirektivet og grønne sertifikatforhandlinger. *Notat fra ZERO*, oppdatert 20.april 2009

# Vedlegg

## Vedlegg 1: Andel fornybar energi i brutto energiforbruk

geo\time	2004	2005	2006	2007	2008	2020
<b>EU (27 countries)</b>	<b>8,1</b>	<b>8,5</b>	<b>9</b>	<b>9,8</b>	<b>10,4</b>	<b>20</b>
Bulgaria	9,5	9,6	9,6	9,3	9,8	16
Czech Republic	5,9	6	6,4	7,3	7,6	13
Denmark	15,1	16,3	16,5	17,7	18,3	30
Germany	5,4	6,3	7,3	9,3	9,1	18
Estonia	18,4	17,3	16	17	19,1	25
Ireland	2,4	2,8	3	3,7	3,9	16
Greece	6,8	7	7,2	8	7,7	18
Spain	8,4	8,5	9,2	9,7	10,8	20
France	9,8	9,9	10	10,7	11,6	23
Italy	5,1	5,1	5,5	5,4	6,3	17
Cyprus	2,6	2,6	2,7	3,4	4,4	13
Latvia	33,3	32,6	31,4	29,9	30,1	40
Lithuania	15,2	14,8	14,6	14,2	15,2	23
Luxembourg	0,9	0,9	1	1,8	1,9	11
Hungary	4,4	4,5	5,5	6	6,6	13
Malta	0	0	0	0	0	10
Netherlands	2	2,4	2,7	3,2	3,5	14
Austria	22,3	23,7	25,4	27,4	27,9	34
Poland	7	7,1	7,5	7,5	7,9	15
Portugal	19,7	20,2	20,9	22,1	23	31
Romania	16,4	17,5	17,1	18,4	20,3	24
Slovakia	6	6,5	6,8	8,3	8,7	14
Finland	29,5	28,8	29,2	29	30,6	38
Sweden	38	39,5	41,6	42,9	43,3	49
United Kingdom	1,2	1,3	1,5	1,8	2,3	15
<b>Norway</b>	<b>56,5</b>	<b>58</b>	<b>60,7</b>	<b>60</b>	<b>61,3</b>	<b>:</b>
Switzerland	20,9	21,6	21,8	22,7	22	:
Sierra Leone	16,2	16	15,6	15,7	15,1	25
:=Not available						

Kilde: Eurostat ( 2010), sist oppdatert 01.07.2010